This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

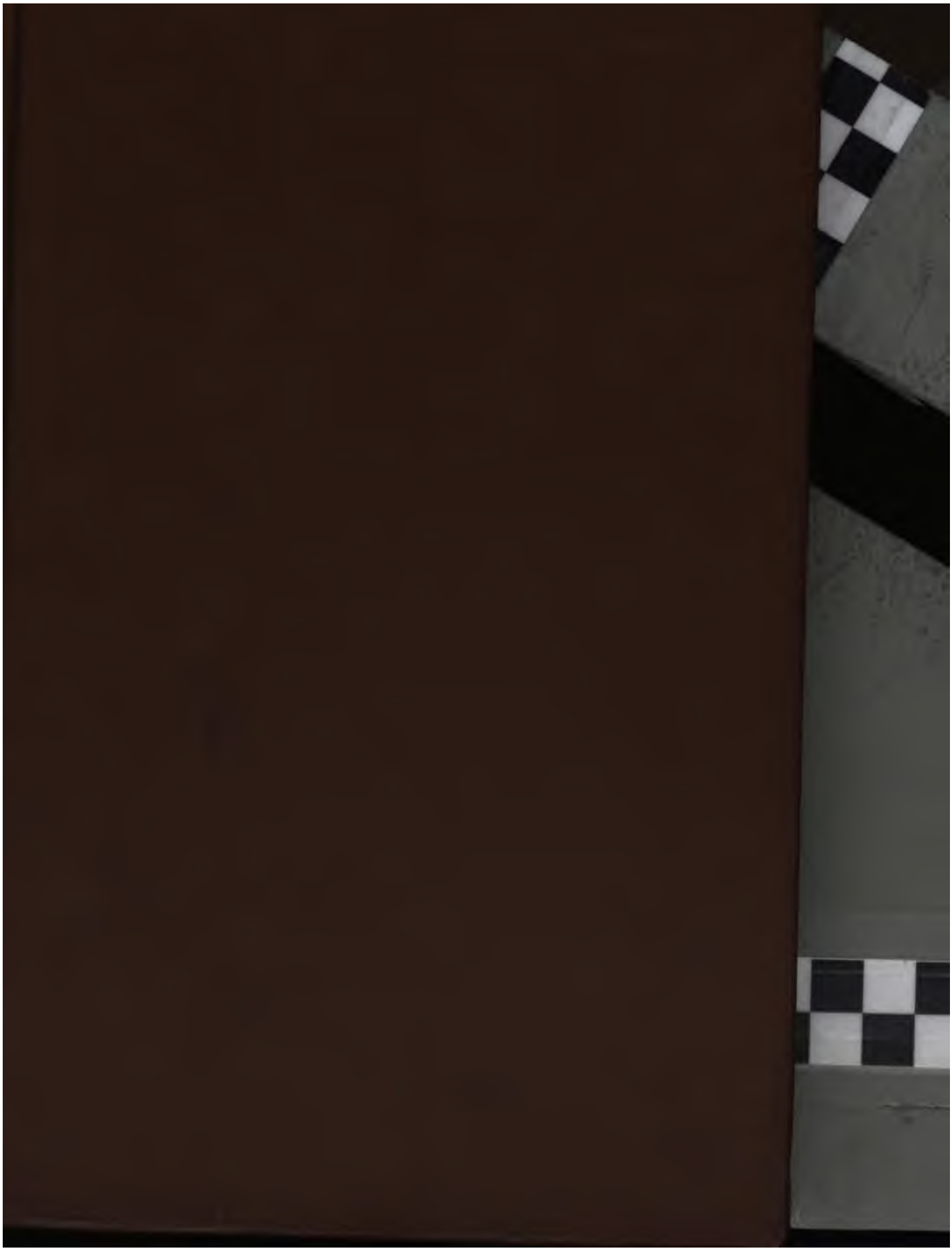
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

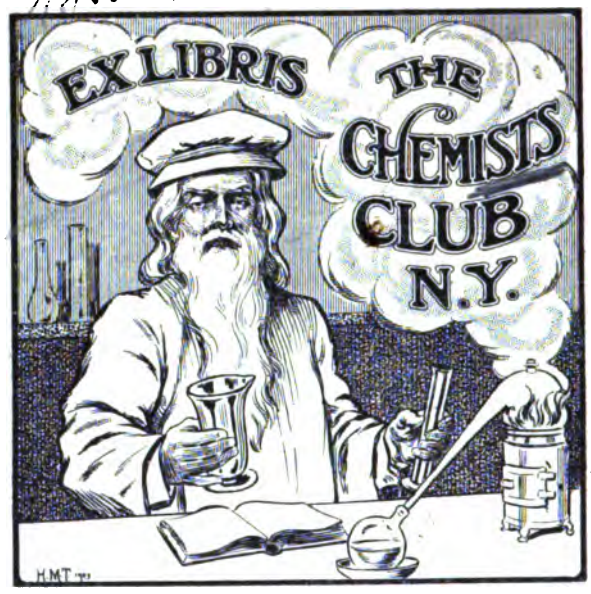
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



7:1.6 321



PRESENTED BY
Dr. James H. Stebbins

LEHRBUCH

DER

TECHNISCHEN MIKROSKOPIE

BEARBEITET VON

Dr. T. F. HANAUSEK,

k. k. Professor,

emer. Inspector an der k. k. allgemeinen Untersuchungsanstalt für Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände in Wien, ordentliches Mitglied des ständigen Beirathes für Angelegenheiten des Verkehrs mit Lebensmitteln etc., Mitglied der k. k. Prüfungscommissionen für das Lehramt an höheren und an zweiklassigen Handelsschulen.

MIT 256 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

STUTTGART.

VERLAG VON FERDINAND ENKE.

1901.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
3420562
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1946 L

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

Vorwort.

Seit dem Erscheinen von J. Wiesner's vortrefflicher, die Grundlage der wissenschaftlichen Warenkunde bildenden „Einführung in die technische Mikroskopie“ (Wien 1867) ist kein Werk veröffentlicht worden, welches das Gesammtgebiet der technischen Mikroskopie in der Form eines Lehrbuches, also in der Form einer wissenschaftlichen Anleitung für den Lernenden behandelt.

Der Verfasser hat es nun versucht, in dem „Lehrbuche der technischen Mikroskopie“ die beiden Hauptzwecke, denen eine derartige Arbeit dienen soll, zur Darstellung zu bringen. Das Buch soll einerseits dem Studirenden das wichtigste wissenschaftliche Hilfsmittel sein, das ihn in das Gebiet der technischen Mikroskopie einführt, mit der Methode der technisch-mikroskopischen Arbeit, mit den wichtigsten Thatsachen und mit der Literatur vertraut macht und ihn befähigt, selbständige Forschungen in dieser Abtheilung der angewandten Naturwissenschaften vorzunehmen. Mit Rücksicht auf diesen Zweck setzt der Gebrauch des Lehrbuches die Kenntniss des naturgeschichtlichen Lehrgebietes, insbesondere der Morphologie, Zellen- und Gewebelehre der Organismen, sowie der chemischen Principien voraus.

Andererseits soll das Buch aber auch zur Lösung rein praktischer Aufgaben behilflich sein. Es soll den in der Praxis stehenden Techniker unterweisen, wie er technische Rohstoffe mikroskopisch zu untersuchen hat, um sich ein Urtheil über ihre Beschaffenheit und ihre Eignung zu technischen Zwecken bilden und darüber ein

Gutachten abgeben zu können. Hierbei war aber noch eine Klippe zu vermeiden. Das Lehrbuch darf keine Rohstoffkunde, keine technische Naturgeschichte sein, sondern gewissermassen nur der Vorläufer derselben; es soll die typischen Objecte der einzelnen natürlichen Gruppen von Rohstoffen in das Bereich seiner Aufgabe ziehen und an diesen die allgemeinen Charaktere der betreffenden Gruppen demonstriren. Wenn nun aber trotzdem durch kurze Mittheilungen über Herkunft, Gewinnung, Verarbeitung und Verwendung der Untersuchungsobjecte Excurse in die Rohstoffkunde gemacht werden mussten, so geschah dies nicht so sehr aus dem Grunde, um die Darstellung abzurunden, als vielmehr um auf den Einfluss hinzuweisen, welchen Verarbeitung und Gebrauch auf den inneren Bau des Rohstoffes ausüben, oder um festzustellen, inwieferne die Eigenschaften des Rohstoffes eine technische Verwendung ermöglichen.

Die Schwierigkeiten, welche die Vereinigung zweier solcher, anscheinend verschiedener Ziele, ferner die Abgrenzung der Materie und die Auswahl der Typen darbieten, sind keine geringen. Langjährige, in seiner Eigenschaft als Lehrer und Begutachter erworbene Erfahrung hat den Verfasser bei der Bearbeitung dieses Lehrbuches geleitet. Möge es sich als brauchbar und nützlich erweisen.

Wien, im März 1901.

Dr. T. F. Hanausek.

Inhaltsübersicht.

Erster Theil.

Das Mikroskop und die mikroskopische Untersuchung.

Seite

Erstes Capitel. **Das Mikroskop** 1
Definition der Vergrösserung 2
Function der Collectivlinse 2
Lupe, einfaches Mikroskop 3
Bilderzeugung im zusammengesetzten Mikroskop 4
Sphärische und chromatische Aberration 5
Aplanatisches Linsensystem 6
Ocular- und Collectivlinse 6
Aufgabe des Beleuchtungsapparates 7
Bestandtheile des Mikroskops 8
Iriscylinderblendung 10
Abbe'scher Beleuchtungsapparat 11
Apertur, numerische Apertur 13
Immersionssysteme 13
Beispiele 14
Huyghens'sches Ocular 14

Zweites Capitel. **Einige Hilfsapparate zur mikroskopischen Untersuchung** 15
1. Polarisationsapparat 15
2. Messapparate 16
3. Zeichenapparate 17
4. Instrumente zum Schneiden, Präpariren u. s. w. 18

Drittes Capitel. **Technisches, Reagentien** 19

Zweiter Theil.

Mikroskopie der wichtigsten Typen technischer Rohstoffe.

Erstes Capitel. **Stärke (und Inulin)** 23
Allgemeines. Kartoffelstärke 23
Gestalt und Grösse der Kartoffelstärkekörner 24
Structur der Kartoffelstärkekörner 25
Bau des grünen Blattes 25

Seite

Assimilations-, Wander-, Reservestärke 27
Aufbau des Stärkekornes 28
Chemisches Verhalten der Stärke 29
Amylose 29
Amylodextrin 31
Dextrin 32
Gewinnung und Anwendung der Kartoffelstärke 32
Fehler 33
Weizenstärke 34
Roggen- und Gerstenstärke 35
Gewinnung der Weizenstärke 35
Fehler 36
Maisstärke 37
Reisstärke 38
Hafer- und Buchweizenstärke 39
Marantastärke (westindisches Arrowroot) 40
Leguminosenstärke 41
Bohnen-, Linsen-, Erbsenstärke 42
Das Inulin 43

Zweites Kapitel. **Vegetabilische Faserstoffe** 44

A. Haare (Trichome) 45
Cellulose 48
Baumwolle 52
Mikroskopie der Baumwolle 54
Sorten und Länge 55
Mikrochemisches Verhalten 57
Todte und halbreife Baumwolle 58
Querschnitte 59
Mercerisirte Baumwolle 60
Mikroskopie derselben 61
Pflanzendunen 63
Pflanzenseiden 64

B. Bestandtheile der Achse (Bastfasern, Gefässbündel etc.) 66
a) Fasern dikotyler Pflanzen 67
Flachs 67
Flachsfasern der Wurzeln und der Stengelbasis 71
Leinen- und Towgarn 72
Hanf 72
Begleitende Gewebselemente der Hanffasern 75
Hanffasern in der Leinwand 76
Jute 76
Kosmosfaser 78
Gambohanf 78
Sunn 79
Spanischer Pfriemen 81
Deutscher Besenginster 81
Hopfenfaser 82
Die Nesselfasern 83
Gemeine Brennessel 83
Ramie 84
Faser des Papiermaulbeerbaumes 86

Seite

b) Fasern monokotyler Pflanzen 89
Manilahanf 89
Pita-, Sisalhanf 91
Mauritiushanf 92
Neuseeländischer Flachs 93
Sansevieriahanf 94
Die mikroskopische Untersuchung des Papieres 94
Lignin 95
Hadromal 96
Papierleimung 97
Papierprobe von Herzberg 99
Papierprobe von v. Höhnel 99
1. Leinenhadernpapier 102
2. Hanfpapier 103
3. Baumwollenpapier 104
4. Papiere aus Jutefasern 104
5. Strohcellulose 105
Espartofaser 106
Maislieschen 107
6. Holzschliff 108
7. Holzcellulose 110
Verschiedene Papierstoffe 111
Chinesische und japanische Papiere 112
Papyrus 113

Drittes Capitel. **Thierische Faserstoffe** 113
I. Thierische Haare (Wolle) 113
Schafwolle 115
Schafwollarten 115
Mikroskopie 117
Eigenschaften der Wollhaare 120
Eigenschaften der Grannenhaare 121
Wolle der Leicesterschafe 122
Ziegenwollen 123
1. Angorawolle 123
2. Kaschmirwolle 124
3. Ziegenhaare 124
Geisbärte 125
Kuhhaare 125
Kameelhaare 126
Wolle der Kameelschafe 127
Alpacawolle 128
Shoddy 130
Eigenschaften 132
II. Seide und seideähnliche Producte 134
1. Gemeine echte Seide 134
Bau und Zusammensetzung 135
Mikrochemische Eigenschaften 138
2. Exotische Seiden 138
Tussahseide 138
Wilde Seide 140
3. Muschelseide 140
Künstliche Seide 141

Seite

Mikroskopie der Kunstseide 143
Mikrochemie der Kunstseide 145
Mikroskopische Untersuchung der Gewebe 146
Beispiele von Untersuchungen aus der Praxis 148

Viertes Capitel. **Stamm und Wurzel** 154
I. Holz (des dikotylen und gymnospermen Stammes) 154
A. Bau des Holzes 156
Die drei Holzschnitte 156
Markstrahlen 159
Bau des Coniferenholzes 160
Tracheiden des Coniferenholzes 161
Hoftüpfel 162
Markstrahlen der Coniferen 166
Analytische Bestimmung des Fichten- und Lärchenholzes . . . 174
Holzparenchym 175
Excret- und Secreträume 175
Einheimische Laubhölzer 179
Libriformzellen 179
Gefässe 181
Thyllen 184
Vertheilung der Gefässe 185
Jahresringgrenze 186
Markstrahlen der Laubhölzer 187
Markflecke (Zellgänge) 188
Exotische Laubhölzer 189
B. Physikalisch-technische Eigenschaften des Holzes; Bemerkung über die Inhaltsstoffe 189
1. Farbe des Holzes 190
2. Härte des Holzes 191
3. Kern- und Strahlenrisse 192
C. Analytische Tabelle und Beschreibung der wichtigsten Nutzhölzer (Bestimmungsschlüssel) 195
D. Farbhölzer 222
Gelbhölzer 223
Blauholz 229
Rothhölzer 230
E. Leicht-, Schwimm- oder Korkhölzer 231
II. Monokotyler Stamm 234
Stuhlrohr 234
Einfache und zusammengesetzte Stranggewebe 238
Pflanzenwachs 240
III. Unterirdische Pflanzentheile 241
Curcuma 241
Collaterale, concentrische etc. Gefässbündel 244
Veilchenwurzel 246
Dikotyle Wurzeln und Wurzelstöcke 249
Alkannawurzel 249
Seifenwurzeln 250
Cichorienwurzel 251
Milchsaftgefässe 254
IV. Rinden 255
Eichenkork 256

Seite

Lenticellen 257
Phelloderm 258
Suberin 261
Cuticula und Cuticularschichten 262
Eichenrinden 263
Phellogen 264
Borke und Borkenbildung 268
Quillajarinde 271
Hornprosenchym 271
V. Schlussbemerkungen 273
Meristeme des Scheitels 273
Interfascicularcambium und -holz 274
Typen des normalen Dikotylenstammes 274
Blattspurstränge 275
Doppelte Jahresringe 275
Gefässbündelschema 275
Beispiele von Untersuchungen aus der Praxis 276

Fünftes Capitel. **Blätter** 279
Spaltöffnungen 281
Sumach und Redoul 283

Sechstes Capitel. **Blüten (Blüthentheile)** 292
Insectenpulver 293

Siebentes Capitel. **Früchte und Samen** 307
I. Fruchtformen und Morphologisches über die Frucht 307
Classification der Früchte 309
II. Der Same 313
III. Mikroskopische Untersuchung typischer Beispiele von technisch verwertheten Früchten und Samen 318
Die Weizenfrucht 318
Einige Anleitungen zur Untersuchung des Mehles (Weizenmehl) auf Identität und Reinheit 328
1. Farbe 329
2. Griffigkeit 330
3. Aschengehalt 332
4. Mikroskopie des Mehles 333
Die Gerstenfrucht (nebst Bemerkungen über die Reis- und Hirsespelze) 337
Gerstenkaffee und Gerstenmalzkaffee 342
Die qualitative und quantitative mechanisch-mikroskopische Analyse von v. Weinzierl 343
Spanischer und Cayennepfeffer 347
Capsaicin 353
Oelkuchen (Rückstände der Oelfabrication) 358
1. Baumwollsamenkuchen und Baumwollsamenmehl 361
2. Kapokkuchen 368
3. Kürbiskernkuchen 369
4. Olivenkernmehl 370
5. Niggerkuchen 374
6. Madiakuchen 375
7. Sonnenblumenkuchen 375
8. Sesamkuchen 377

Seite

9. Leinsamenmehl und Leinkuchen 382
10. Erdnusskuchen 384
11. Raps- und Rübsenkuchen 388
12. Mohnkuchen 389
13. Hanfkuchen 392
14. Buchnusskuchen 392
15. Palmkernkuchen 396
16. Cocosnuss- oder Coprahkuchen 398
Myrobalanen 401
Vegetabilisches Elfenbein (Steinnüsse) 406
Echte Steinnüsse 406
Polynesische Steinnüsse 409

Achtes Capitel. **Technisch verwendete thierische Hartttheile** 412
I. Echte Knochen 412
II. Zähne 415
Elfenbein 417
III. Horn, Schildpatt und Fischbein 423
a) Horn 423
b) Schildpatt 427
c) Schwarzes Fischbein 430

Neuntes Capitel. **Mikrochemische Analysen** 432
Schmelzprobe 434
Lösungsprobe 435
Aluminiumverbindungen 436
Baryum 436
Calcium 437
Gold 440
Kalium 440
Natrium 441
Ameisensäure 441
Citronensäure 441

Sachregister 442

Berichtigungen und Zusätze 456

Erster Theil.

Das Mikroskop und die mikroskopische Untersuchung.

Erstes Capitel.

Das Mikroskop[1]).

Nach der Definition von Dippel[2]) ist das „Mikroskop im weiteren Sinne des Wortes ein optisches Instrument, welches dazu dient, um ein Object oder irgend ein Flächenelement eines Objectes, welches dem Auge infolge seiner geringen Flächenausbreitung unter zu kleinem (unter 1/2 Bogenminute hinabgehendem) Sehwinkel erscheinen würde, um noch deutlich gesehen werden zu können, auf

[1]) Es liegt nicht in dem Plane dieses Werkes, eine ausführliche Darstellung der Theorie des Mikroskopes zu geben. Die Darstellung soll sich nur auf eine kurze Beschreibung des Instrumentes und seiner Wirkung beschränken. Wer sich eingehender darüber informiren will, sei auf die im Folgenden angegebenen Specialwerke hingewiesen.

Harting, Das Mikroskop, Braunschweig 1866. — Czapski, Theorie der optischen Instrumente, Breslau 1893. — Dippel, Handbuch der allgemeinen Mikroskopie, 1882. I. Theil: Das Mikroskop und seine Anwendung; II. Theil: Anwendung auf die Histologie der Gewächse, 1883. — Dippel, Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie, Braunschweig 1885. — H. Schacht, Das Mikroskop, Berlin 1855. — J. Wiesner, Einleitung in die technische Mikroskopie, Wien 1867. — C. Nägeli und Schwendener, Das Mikroskop, Leipzig 1877. — Frey, Das Mikroskop und die mikroskopische Technik, Leipzig 1881. — Vogl, Commentar zur österreich. Pharmakopöe, II. Band: Allgemeiner Theil, Wien 1892. — Dammers Lexikon der Verfälschungen, Leipzig 1887. — v. Thanhoffer, Das Mikroskop und seine Anwendung, Stuttgart 1880.

[2]) Realencyklopädie der gesammten Pharmacie, Band VI, S. 699.

eine solche Flächenausbreitung zu bringen, dass dasselbe an sich und in seinen Einzelheiten von einem beobachtenden Auge von bestimmter Sehschärfe in voller Deutlichkeit und Schärfe erkannt werden kann".

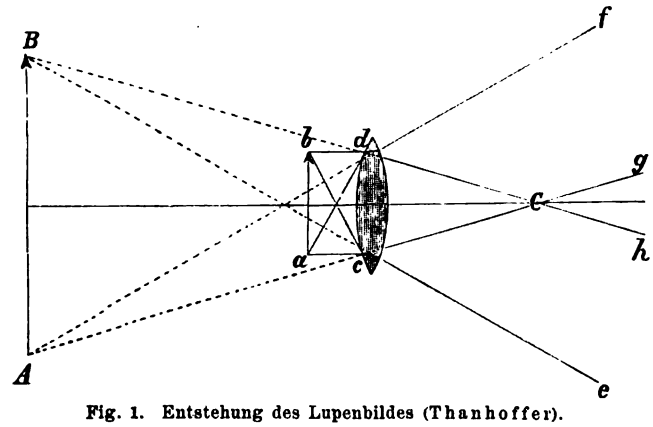


Fig. 1. Entstehung des Lupenbildes (Thanhoffer).

Diese Flächenausbreitung wird Vergrösserung genannt und kann in mehrfacher Weise erzielt werden.

Von einer Collectivlinse (oder einer Combination derselben) erhält man, wenn das Object innerhalb des Brennpunktes und der Linse zu liegen kommt, ein scheinbares, aufrechtes und vergrössertes, von der wirklichen Lage entfernter gesehenes Bild. Ist d c in Fig. 1 die Collectivlinse, a b das Object, sind b d und a c die zur optischen Axe parallelen Nebenstrahlen, so erscheint die Function der Linse in der Brechung und Vereinigung dieser Strahlen im Brennpunkte C; jenseits desselben divergiren die Strahlen nach g und h und werden die daselbst befindliche Retina des Auges berühren; die Strahlen a d und b c werden in die Richtungen nach f und e gebrochen und daselbst

Fig. 2. Einschlaglupe Nr. 79a von C. Zeiss.

unsere Netzhaut treffen. Das Auge sucht das Bild in der Verlängerung dieser gebrochenen Strahlen f A—g A und e B—h B, also dort, wo sich diese Linien schneiden. A B ist das von der wirklichen Stelle entfernter gesehene und vergrösserte Bild. Eine Vorrichtung, welche aus einer in dieser Weise functionirenden Linse (oder Linsencombination) besteht, wird Lupe oder einfaches Mikroskop genannt. Eine bequeme Einschlaglupe in Metallfassung zeigt Fig. 2. Zur Einfassung werden auch Horn, Hartkautschuk etc. verwendet. Als Präparir- oder Stativlupen bezeichnet man die auf Gestellen mit beweglichen Armen befestigten Lupen (Fig. 3 u. 4). Bedeutend mehr leisten die eigentlichen einfachen oder Präparirmikroskope. Das von Zeiss construirte (Fig. 5) besitzt einen schweren viereckigen Fuss, einen Tisch von 75 × 60 mm, an welchem mit Leder überzogene Präparirbacken B angesteckt werden. Die Regelung des Abstandes der an einem Rohre angebrachten Linsencombination von dem Objecte geschieht mittelst Zahn- und Triebvorrichtung; zur Beleuchtung dient ein grosser Hohlspiegel. Die Vergrösserung beträgt je nach der angewendeten Linse das Zehn- oder Zwanzigfache. An Stelle des gewöhnlichen Systemträgers P kann die Präparirlupe D bei A eingesteckt werden. Eine häufig angewendete Linsencombination stellt die Brücke'sche Lupe dar, die

Fig. 3. Stativlupe I von Zeiss.

Fig. 4. Stativlupe II von Zeiss.

aus drei Linsen besteht. Zwei davon sind planconvex, mit ihren gekrümmten Seiten einander zugekehrt und dem Objecte zugewendet; die dritte, eine Concavlinse, ist in einem kurzen Auszugsrohr eingeschraubt und von der Convexlinsendoublette 40 bis 60 cm entfernt. Die Vergrösserung ist eine 4- bis 30fache.

Nehmen an der Bilderzeugung zwei verschieden wirkende Linsen oder Linsensysteme Antheil, von welchen das eine (dem Objecte nahe befindliche) Objectivsystem, das andere Ocularsystem genannt wird, so erhält man das zusammengesetzte Mikroskop, Mikroskop im engeren Sinne.

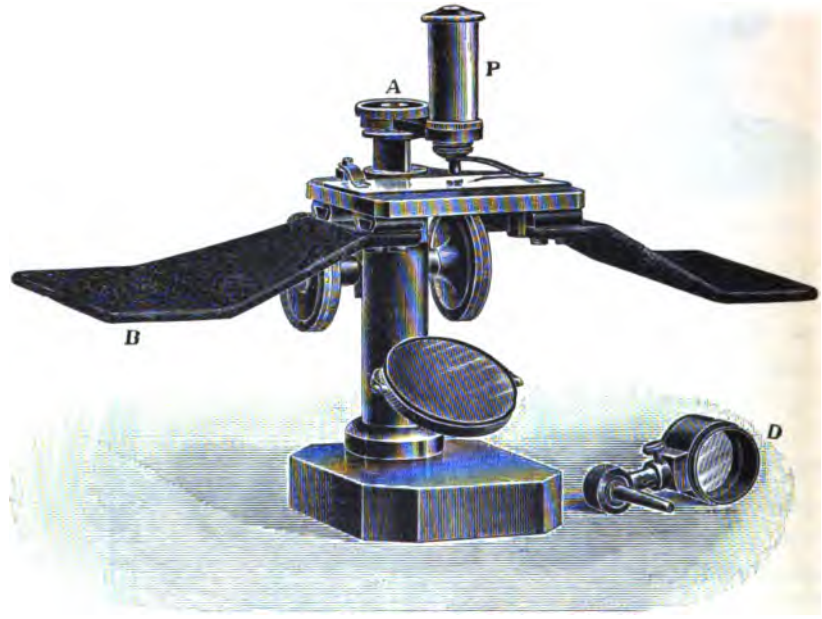


Fig. 5. Präparirstativ III von Zeiss.

Nach der älteren Auffassung[1]) erzeugt das Objectiv O (Fig. 6) von dem Object a b ein verkehrtes vergrössertes wirkliches Bild a′ b′, welches von dem Ocular C vergrössert und von dem Auge als a″ b″ in der deutlichen Sehweite gesehen wird. Diese geometrische Vollkommenheit der Strahlenvereinigung ist aber niemals thatsächlich vorhanden, weil bekanntlich die Linsen gegen den Rand zu die Strahlen immer stärker brechen, und weil nach der Prismenwirkung der Licht-

[1]) Auf die moderne von Professor Abbe eingeführte Betrachtungsweise der Bilderzeugung kann hier nicht eingegangen werden.

strahl in seine farbigen Bestandtheile zerlegt wird. Der erst angeführte Fehler, die sog. sphärische Aberration (Fig. 7), lässt also keinen scharfen Bildpunkt (z. B. den Brennpunkt) entstehen, sondern kleine Zerstreuungskegel. Die Randstrahlen c und d schneiden sich in c, die der optischen Axe näher liegenden Strahlen a und b in a′, d. h. erstere vereinigen sich früher zu einem Bilde als letztere, es wird also das von Zerstreuungskreisen umgebene Bild verschwommen, undeutlich und nicht scharf erscheinen müssen. Die sog. Blendungen (Diaphragmen s. u.) haben nun die Aufgabe, die Randstrahlen abzuhalten und nur jene Strahlen durchzulassen, deren Brennpunkte nur äusserst geringe Abstände besitzen. Die chromatische Abweichung zeigt sich an den Bildern in Form gefärbter Begrenzungsringe und kann in hohem Masse störend wirken. Die durch die Linsen austretenden Strahlen werden wie durch ein Glasprisma in ihre Farbenantheile zerlegt (Fig. 8), wobei bekanntlich die rothen Strahlen am wenigsten, die violetten aber am stärksten gebrochen werden. Es müssen also farbige Kreise entstehen. In Fig. 8 zeigt v die Vereinigungspunkte der violetten, r die der rothen Strahlen. „Wenn wir in der Ebene c—d ein Blatt Papier anbringen, so erhalten wir doch kein rothes Bild, da auch Zerstreuungskreise anderer Strahlen hinfallen.

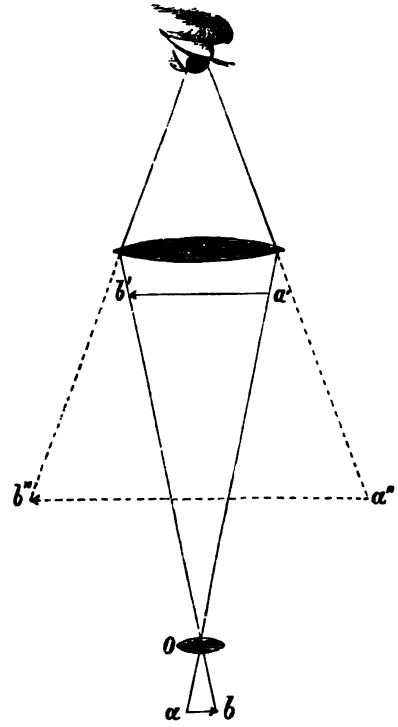


Fig. 6. Einfachstes Schema der Bilderzeugung im zusammengesetzten Mikroskop (Thanhoffer).

Da aber die Mischung der gesammten Spectralfarben in uns das Gefühl der weissen Farbe hervorbringt, so erscheint auch der Mittelpunkt des Bildes weiss, während der Rand von einem blauen Ringe umgeben ist. Hingegen erscheint in der Ebene a—b das Object von einem rothen Ringe umgeben“ (Thanhoffer). Dieser Fehler wird durch die Anwendung einer achromatischen Doppellinse (aplanatisches Linsensystem), welche aus einer biconvexen Crownglaslinse und einer planconcaven (wegen ihres Bleigehaltes stärker brechenden und stärker

das Licht zerstreuenden) Flintglaslinse besteht, zum Theil aufgehoben.

Ein aplanatisches Linsensystem ist also ein solches, an welchem beide Aberrationen, soweit dies möglich ist, corrigirt sind. Es heisst übercorrigirt, wenn die Flintglaslinse im Uebergewicht ist und

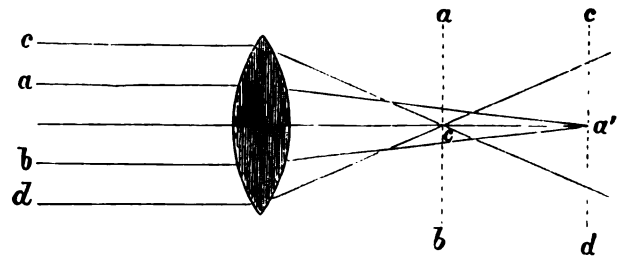


Fig. 7. Sphärische Aberration (Thanhoffer).

die Objecte bläulich gefärbte Ränder besitzen; dagegen dominirt bei untercorrigirten die Crownglaslinse und die Ränder der Objecte spielen ins Röthliche. Der Ocularlinse (Fig. 6) fällt, wie wir oben bemerkten, die Aufgabe zu, das Bild der Objectivlinse als Gegenstand dem Auge vergrössert zu zeigen. Durch dieselbe werden aber

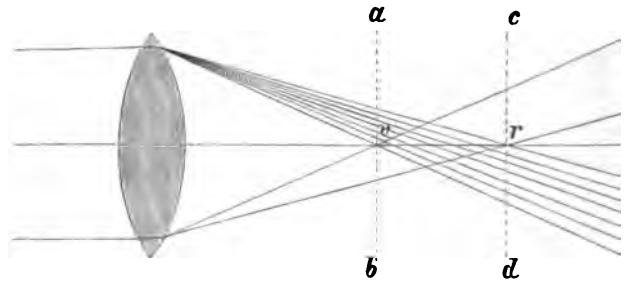


Fig. 8. Chromatische Aberration (Thanhoffer).

nicht nur alle vom Objectiv herrührenden Fehler des Bildes vergrössert, sondern es könnte auch nur ein Theil des Bildes wahrgenommen werden, wenn man der Ocularlinse nicht eine übermässig grosse (daher unbequeme und sehr kostspielige) Ausdehnung geben wollte. Es wird daher mit der Ocularlinse eine zweite, die Collectivlinse verbunden (Fig. 9), welche mit der Objectivlinse zusammen ein reelles Luftbild projicirt, das dann von der eigentlichen Augen-

linse in der Weite des deutlichen Sehens auf den erforderlichen Sehwinkel ausgebreitet wird.

Wie sich aus den Functionen der beiden Linsensysteme ergibt, besteht demnach die optische Gesammtleistung des Mikroskopes aus drei Einzelleistungen: Strahlenaufnahme, Bildzeichnung und Vergrösserung. Diese Functionen sind aber nur möglich, wenn ein genügendes Lichtquantum zur Beleuchtung des Objectes zur Verfügung steht.

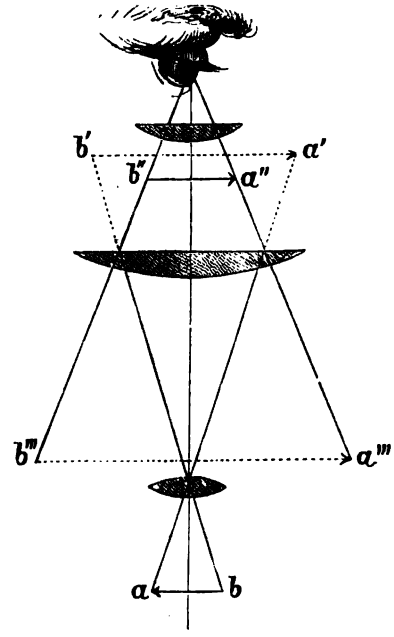


Fig. 9. Wirkung der Collectivlinse (Thanhoffer).

Es muss daher ein besonderer Beleuchtungsapparat in Action treten, der (nach Dippel, l. c.) folgende Bedingungen zu erfüllen hat. „1. Er muss es ermöglichen, sowohl gerade, d. h. mit ihrer Axe in der Richtung der Axe des Mikroskopes dahingehende, sowie von allen Seiten und unter beliebigem Winkel schief gegen diese einfallende Lichtkegel auf den Gegenstand zu leiten und die Uebergänge in der Einfallsrichtung des wirksamen Strahlenkegels möglichst rasch und leicht herbeizuführen. 2. Muss es in der Gewalt des Beobachters liegen, je nach Bedürfniss Lichtkegel von grösserer und kleinerer Oeffnung zur Beleuchtung zu verwenden und damit möglichst viele und feine Abstufungen in der Lichtstärke zur Verfügung zu haben.“ — Hiezu dienen Beleuchtungsspiegel mit Blendungsvorrichtungen und der unten zu beschreibende Abbe'sche Beleuchtungsapparat.

Wir wollen nun die mechanischen Einrichtungen kennen lernen, welche den richtigen Gebrauch der optischen Theile ermöglichen. Da die Anforderungen, die man an ein Mikroskop je nach dem Zwecke der Untersuchung stellt, sehr verschiedene sein können, so ist auch die Ausstattung des Instrumentes verschieden, wie aus den hier folgenden Abbildungen [1]) ersehen werden kann.

[1]) Die Clichés zu denselben, sowie zu denen der Hilfsapparate hat die Firma Dr. C. Zeiss in Jena in dankenswerther Weise zur Verfügung gestellt.

Als Träger der verschiedenen Theile dient der Fuss mit der Säule. Der Fuss hat dem Instrument eine hinlänglich breite Grundfläche darzubieten und vermöge seines bedeutenden Gewichtes den Schwerpunkt so tief zu rücken, dass das Mikroskop genügend sicher steht und vor dem leichten Umfallen behütet wird. Es besteht aus einem gusseisernen oder messingnen hufeisenförmigen Körper, bei älteren Instrumenten aus einer massiven Scheibe (Fig. 10 und 11). Der Fuss trägt die damit fest verbundene cylindrische oder prismatische Säule, an welchem der Beleuchtungsapparat, der Objecttisch und an einem Querstück die Röhre angebracht ist. Ausserdem ist im Innern der Säule die eine höchst feine Bewegung des Querstückes ermöglichende Einstellvorrichtung enthalten. An grösseren Instrumenten ist die Säule aus zwei Hauptstücken zusammengesetzt, aus einem unteren mit dem Fuss unbeweglich verbundenen Tragstück und einem in einem streng gehenden Charniergelenk um eine horizontale Axe beweglichen eigentlichen Träger, der eine Schiefstellung des Mikroskopes in einer verticalen Ebene zulässt (Fig. 11 u. 12).

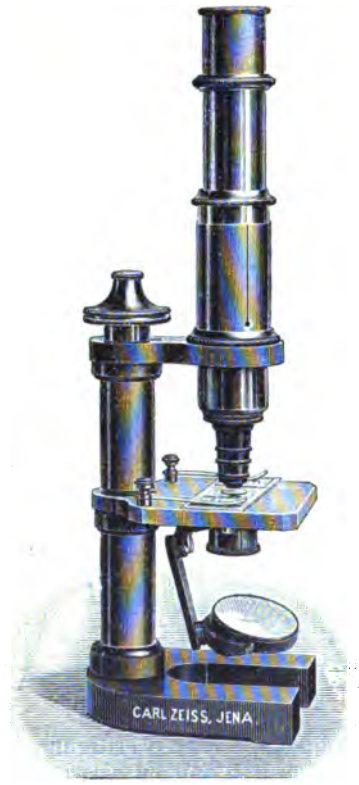


Fig. 10. Mikroskop von Zeiss, Stativ VII.

Der Objecttisch, eine viereckige oder runde Platte, soll im Durchmesser, um ein bequemes Arbeiten zu gestatten, 70—100 mm halten und in einer bestimmten Höhe (über dem Arbeitstisch) angebracht sein. Die an älteren Instrumenten angebrachte Vorrichtung zur Bewegung des Tisches in senkrechter Richtung (als sog. feine Einstellung) muss als recht unpraktisch bezeichnet werden und ist auch gegenwärtig an keinem guten Mikroskop mehr zu finden. Hingegen ist die Bewegungsfähigkeit desselben in der horizontalen Ebene, und zwar um die optische Axe, von rechts nach links und von vorn nach rückwärts und umgekehrt, eine sehr grosse Bequemlichkeit und für feinste Untersuchungen fast unerlässlich. Gegenwärtig wird die Be-

wegung des Objectes — bei feststehendem Tisch — durch ein aufliegendes Metallrahmenwerk bewirkt, das mit seinen Greifern das Objectglas zwischen sich fasst und durch Schrauben die Bewegungen desselben von vorne nach rückwärts und von rechts nach links und umgekehrt gestattet. Es hat noch den grossen Vortheil, dass es an jedem Instrument angebracht werden kann. Die Oberfläche des Tisches ist geschwärzt, um störendes Reflexlicht abzuhalten; mitunter ist er mit einer Glasplatte belegt. In der Mitte, welche der Axe des

Fig. 11. Mikroskop von Zeiss, Stativ VI a.

Fig. 12. Mikroskop von Zeiss, Stativ IV a.

Mikroskoptubus entsprechen muss, befindet sich eine kreisrunde Oeffnung von 12—15 mm oder 25—30 mm Durchmesser, um das von dem Beleuchtungsapparat kommende Lichtbündel durchzulassen. Da das Lichtquantum, welches zur Erzeugung des Bildes nöthig ist, von der Function des Objectives abhängig ist, so muss, falls als Beleuchtungsapparat ein Spiegel angewendet wird, eine Blendvorrichtung (Blendung) angebracht werden, welche den Durchmesser der Durchbrechung des Tisches entsprechend verkleinert. Die einfachsten Blenden sind Scheibenblenden, das sind um eine Axe drehbare, auf der Unter-

seite des Tisches angebrachte, mit Löchern verschiedener Durchmesser versehene Scheiben, die mit einem in eine Vertiefung einklappenden Stift in der jeweiligen Lage festgehalten werden können. Vollkommener sind die allmälige Uebergänge in der Weite des Lichtkegels bietenden Cylinderblenden. Sie sind Metallhülsen, welche man in die Tischöffnung entweder durch Drehung von unten oder mittelst einer Schlittenvorrichtung einschiebt; ihre obere Oeffnung dient zur Einführung der kreisrunden, mit verschieden weiten Oeffnungen versehenen eigentlichen Blenden. Um den Wechsel der kleinen Blenden zu ersparen,

Fig. 13. Iriscylinderblendung von Zeiss. Oben: Seitenansicht, halb aufgeschnitten, unten: die Blendvorrichtung von oben gesehen.

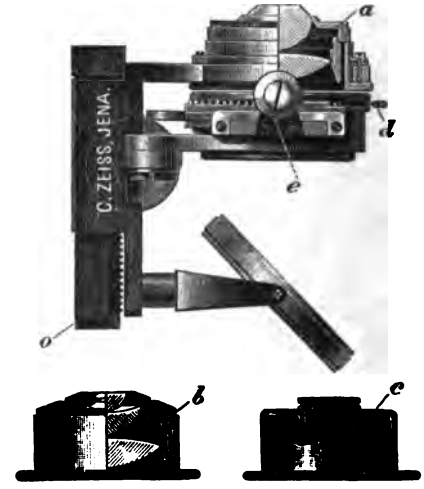


Fig. 14. Beleuchtungsapparat nach Abbe. a Condensorsystem 1,20 num. Apertur; b solches mit 1,40 num. Apertur; c Cylinderblendung; d Knöpfchen zum Zusammenziehen oder Oeffnen der Irisblendung; e Handhabe zur Schiefstellung und Drehung derselben.

verwendet man die Iriscylinderblendung (Fig. 13). Sie besteht im Wesentlichen aus radial gestellten sichelförmigen Metallplättchen, die durch ihre Vor- und Rückwärtsbewegung das Centralloch verkleinern oder vergrössern.

Von besonderer Bedeutung ist der Beleuchtungsapparat. Derselbe ist für die Zwecke der Rohstoffkunde hauptsächlich für durchfallendes Licht eingerichtet. Mit auffallendem Licht, das mittelst einer starken Convexlinse auf das Object geleitet werden kann, werden nur sehr selten Untersuchungen (z. B. an Metallen, Elfenbein) angestellt. Die Aufgaben des Beleuchtungsapparates haben wir oben schon kennen gelernt. Die einfachen Instrumente besitzen einen Doppelspiegel, der aus einem Rahmen besteht, dessen Vorderseite mit

einem ebenen, die Rückseite mit einem Hohlspiegel belegt ist. Für schwache Vergrösserung dient der erstere, für grössere dagegen der Hohlspiegel, der einen breiteren Lichtkegel auf das Object wirft. Die Befestigung des Spiegels (Fig. 10 u. 11) an der Säule ist gegenwärtig meistens derart, dass sich der Spiegel nach allen Richtungen bewegen lässt.

Weit grössere Vortheile bietet der Abbe'sche Beleuchtungsapparat, „welcher mittelst weniger Handgriffe die Verwendung von Beleuchtungskegeln verschiedenster Divergenz, von beliebiger innerhalb seiner Oeffnung möglicher Neigung und wechselnder Einfallsrichtung gestattet, und ausserdem noch eine mehrseitige Verwendbarkeit besitzt"

Fig. 15. Ausklappbarer Condensor nach Zeiss.

(Dippel). Er besteht aus einem Spiegel und dem Condensor mit der Irisblende (Fig. 14). Der Condensor (a) setzt sich aus zwei nicht achromatischen Linsen mit dicker, mehr als halbkugelig planconvexer Vorderlinse zusammen; die ebene Fläche der letzteren ist nach oben gewendet und kommt nach Einschiebung des Apparates nicht vollständig in die Tischebene zu liegen. Unterhalb des Condensors liegt die Irisblende in einer eigenen Hülse, welche für sich vorgeschoben werden kann. Eine sehr bequeme Einrichtung besitzt der Zeiss'sche ausklappbare Condensor (Fig. 15).

„Das Condensorsystem ist an der es umgebenden Hülse durch einen eigenartigen Mechanismus so befestigt, dass es nach Beiseiteschlagen des Blendungenträgers D (vom Beobachter nach rechts) mit Hilfe des unter dem Tisch hervorragenden Hebelchens H aus seiner Hülse um die Axe Q (nach unten) herausgeklappt und dann weiter um die Axe Z (nach links) bei Seite geführt werden kann. Bei der Beobachtung ohne Condensor kann dann eine Abstufung des Be-

leuchtungskegels bezw. Umgrenzung des beleuchteten Gesichtsfeldes wie durch gewöhnliche Cylinderblendung mittelst der mit dem Apparat fest verbundenen Iriscylinderblendung bewirkt werden, welche durch das auf der rechten Seite befindliche Knöpfchen K in Function gesetzt wird."

Das an der Säule des Mikroskops befestigte Querstück trägt eine Hülse, in welche die Mikroskopröhre oder der Tubus eingeschoben ist. Die Mikroskopröhre, dazu bestimmt, die Haupttheile des optischen Apparates, Objectivsystem und Ocular aufzunehmen, ist meistens aus zwei in einander verschiebbaren Stücken zusammengesetzt, deren Länge zusammen 360 mm nicht überschreiten soll. Die Innenseite ist geschwärzt und enthält an dem unteren Theile und in der Mitte entsprechende Blendungen, um die von dem Objectivsysteme in schiefer Richtung eintretenden Strahlen abzuhalten. Um den Tubus bezw. das daran befestigte Objectivsystem in eine bestimmte Ebene zu bringen, d. h. einzustellen, ist derselbe in senkrechter Richtung beweglich; diese Bewegung kann bei einfachen Instrumenten mit der Hand (durch Schiebung und Drehung) oder bei besseren Mikroskopen mittelst Zahn und Trieb geschehen: Grobe Einstellung. Um aber auch eine feinste Bewegung zu gestatten, findet sich in der Säule eine Mikrometerschraubenvorrichtung angebracht: Feine Einstellung. In Bezug auf die Handhabung derselben sei hier zugleich erwähnt, dass der Mikroskopiker die Mikrometerschraube bei der Beobachtung fortwährend kleinste Hin- und Herbewegungen wird machen lassen, einerseits um das Object durchdringen, also um verschiedene in verticaler Richtung auf einander folgende Horizontal-Ebenen desselben beobachten zu können, andererseits um nicht das Auge zu ermüden.

Fig. 16. Revolver Nr. 24 b von Zeiss, für 3 Objective.

Der wichtigste Theil des Mikroskops ist, wie schon erwähnt das Objectivsystem. Die Fassung der Linsen wird von Messingröhrchen bewirkt, der ganze Körper an den Tubus angeschraubt. Sehr vortheilhaft sind die sog. Revolver, Vorrichtungen, welche ein schnelles Auswechseln der Objective gestatten, wobei aber die

Einstellung und die Centrirung möglichst erhalten bleiben muss. Der Revolver ist ein aus 2—4 Ringen bestehender Metallkörper (Fig. 16), welcher an den Tubus angeschraubt wird. Die Beschaffenheit desselben ist aus der Figur zu erkennen. Zur Erzeugung stärkerer Vergrösserungen werden die oben beschriebenen, aus Crown- und Flintglas bestehenden Doppellinsen zu mehreren (2—4) zu einem System verbunden. Dies geschieht aber auch noch aus einem anderen besonderen Zwecke. Je stärker die Linse gekrümmt ist, desto weniger Licht lässt sie durchfallen, desto geringer ist ihre Leuchtkraft. Aus diesem Grunde und der verschiedenen Bildfehler u. s. w. wegen kann man die Vergrösserung nicht durch stärkere Krümmungen der Linse steigern, sondern durch Combination mehrerer Linsen. Die Menge von Strahlen, welche von der Linse aufgenommen und nach den einzelnen Punkten der Bildebene geleitet wird, hängt von dem Lichtkegel ab, dessen Spitze in dem Objecte (besser gesagt „in dem lichtstrahlenden Punkt der Objectebene") liegt und dessen Grundfläche die Linsenweite, d. i. die von der Fassung frei bleibende lichte Oeffnung des Objectsystems darstellt. Der Scheitelwinkel dieses Kegels (Fig. 17) heisst der Oeffnungswinkel. Früher meinte man, dass die Fähigkeit des Objectives, eine grössere oder kleinere Lichtmenge aufzunehmen, nur von dem Oeffnungswinkel (Apertur) abhänge. Das ist aber nicht richtig. Das wahre Mass der Apertur ist der Sinus des halben Oeffnungswinkels, wie eine trigonometrische Darstellung zeigt. Nach neueren Untersuchungen wird das Product n sin u als Mass für die Lichtstärke angenommen, wobei u den halben Oeffnungswinkel, n den Brechungsexponenten des Mediums bedeutet. Diesen Ausdruck n sin u bezeichnet Abbe als numerische Apertur = a.

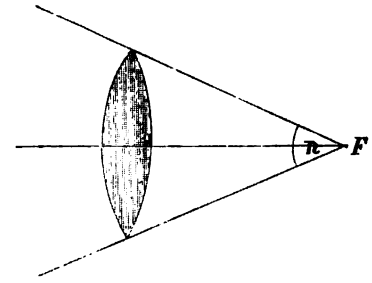


Fig. 17. Oeffnungswinkel u. — Scheitel des Lichtkegels ist der Brennpunkt F. (Thanhoffer.)

Die numerische Apertur erreicht bei den beschriebenen Objectivsystemen, bei welchen sich zwischen Object bezw. Deckglas und Objectiv Luft befindet und die daher Trockensysteme genannt werden, eine Grenze, welche die Einheit nicht überschreiten kann. Um nun die Lichtverluste zu beseitigen, welche an den Trennungsflächen verschieden brechender Mittel (Glas, Luft, Glas) auftreten, hat man die Immersions- oder Eintauchsysteme (Stipplinsen) eingeführt. Bei

diesen wird zwischen Objectiv und Deckglas ein Tropfen Wasser oder bei der homogenen Immersion ein Tropfen eines ätherischen Oeles (verdicktes Cedernholzöl) mit einem dem Crownglas fast gleichen Brechungs- und Zerstreuungsvermögen eingeschaltet, infolge dessen die Lichtstrahlen wie in einem „homogenen" Medium ohne Verlust in das Objectiv eintreten können.

Um die Bedeutung der numerischen Apertur klarzulegen, wollen wir die von Dippel gewählten Beispiele hier wiedergeben: „Hätten wir z. B. ein Trockensystem mit einem Oeffnungswinkel von 60° und ein zweites mit einem solchen von 120°, so würde ersteres nicht etwa eine nur halb so grosse Apertur besitzen, wie letzteres, sondern es würden sich deren Oeffnungen verhalten wie Sinus $30° = 0{,}5$ zu Sinus $60° = 0{,}87$ (nahezu) oder wie 1 : 1,73. Würden wir ferner ein Trockensystem von 120° Oeffnungswinkel mit einem Wasserimmersionssystem von gleichem Oeffnungswinkel (120°) in Vergleich bringen, so würde das letztere nicht die gleiche Apertur besitzen wie das erstere, sondern eine um $n = 1{,}33$mal grössere, d. h. eine solche von $1{,}33 \times 0{,}87 = 1{,}14$. Hieraus ist zugleich ersichtlich, erstlich, dass das Immersionssystem noch Lichtstrahlen (etwa abgebeugte, welche bei der mikroskopischen Abbildung eine hervorragende Rolle spielen) aufzunehmen im Stande sein würde, welche einem Trockensystem, selbst einem solchen von der idealen (höchst möglichen) Apertur = 1 (Oeffnungswinkel = 180°) nicht mehr zugänglich sein könnten, ferner dass die Immersionssysteme unter sonst gleichen Umständen in ihrer Leistungsfähigkeit ein ansehnliches Uebergewicht über die Trockensysteme besitzen müssen, und man denselben je nach der Immersionsflüssigkeit Aperturen geben kann, die weit über jene der Trockensysteme hinausgehen (aus praktischen Gründen bei Wasserimmersion bis etwa 1,20, bei Oelimmersion bis etwa 1,35 oder wenig mehr, während das ideale Maximum je 1,33 und 1,52 betragen würde)."

Das fast allgemein verwendete Huyghens'sche Ocular, aus der Collectiv- und der Augenlinse zusammengesetzt, wird in das obere Ende des Tubus eingeschoben und bewirkt, wie schon oben erklärt wurde, eine Vergrösserung und die Fortrückung des Bildes in die Weite des deutlichen Sehens. Ausserdem aber vermindert es (Function der Collectivlinse) die Verzerrung des Bildes, die Wölbung des Sehfeldes und die sphärische Abweichung der Randstrahlen. Es empfiehlt sich, nur mit mittelstarken Ocularen zu arbeiten.

Zweites Capitel.

Einige Hilfsapparate zur mikroskopischen Untersuchung.

1. Polarisationsapparat.

Die Beobachtung organischer Gewebe und Elementarorgane, Zellinhaltskörper und anorganischer Objecte im polarisirten Lichte ist in vielen Fällen von grossem Vortheile, weil sie Aufschlus über gewisse physikalische und chemische Eigenschaften gibt und feine Structureigenthümlichkeiten zur Anschauung bringt, die wir auf andere Weise nicht wahrzunehmen vermögen. Der Apparat besteht aus dem Polarisator und dem Analysator. Ersterer dient zur Erzeugung des polarisirten Lichtes, welches bekanntlich seitliche Eigenschaften zeigt, d. h. von 90° zu 90° sich verschieden verhält; es kommt dadurch zu Stande, dass die Schwingungen nicht nach allen zum Lichtstrahl senkrechten Richtungen erfolgen, sondern parallel zu einer durch die Fortpflanzungsrichtung gelegten Ebene. Man verwendet hauptsächlich das Nicol'sche Prisma, das aus zwei keilförmigen Doppelspathstücken besteht, die mit Canadabalsam an einander gekittet werden (Fig. 18 rechts). Der unten eintretende Lichtstrahl wird in den Ordinarius und den Extraordinarius gespalten; ersterer wird an der Trennungsfläche total reflectirt und gewissermassen hinausgeworfen, der ausserordentliche wird durchgelassen. Der Polarisator wird in die Tischdurchbrechung, oder am Abbe'schen Beleuchtungsapparat unterhalb des Condensators in den Tubus der Irisblende eingesetzt. Somit gelangt nur polarisirtes Licht durch das Object und den optischen Apparat, und kann durch den oben auf das Ocular aufgesetzten (oder mit einem Ocular fix verbundenen) Analysator untersucht werden. Sind die beiden Prismen parallel zu einander gestellt, so können die ausserordentlichen Strahlen durchdringen und das Gesichtsfeld erscheint hell. Bei gekreuzten Nicols gehen die ausserordentlichen Strahlen in ordentliche über, die aber nicht auszutreten vermögen,

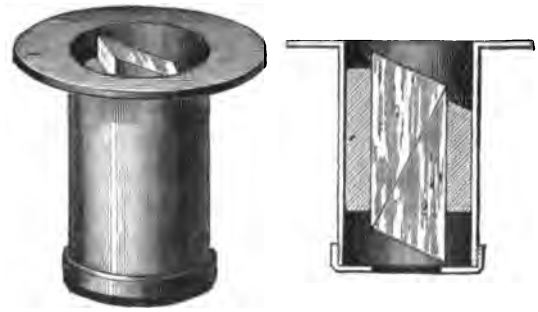


Fig. 18. Polarisator Nr. 461 nach Zeiss.

weshalb das Gesichtsfeld dunkel bleibt. Liegt zwischen den gekreuzten Nicols ein doppeltbrechender Körper, so erscheint derselbe hell bezw. in Interferenzfarben, wofern nicht die Strahlenrichtung in der optischen Axe dieses Körpers liegt; denn in der Richtung der optischen Axen (eine bei hexagonal und tetragonal, zwei bei rhombisch, monoklin und triklin krystallisirenden Krystallen) verhält sich der Körper einfach brechend (wie ein tesseral krystallisirender oder mancher amorphe Körper) und bleibt dunkel. Besondere Polarisationserscheinungen bieten die Stärkekörner, viele pflanzlichen Fasern [1]), überhaupt die Sklereiden, die Seide u. s. w. Es wird betreffenden Ortes auf diese Erscheinungen hingewiesen werden.

2. Messapparate.

Die einfachste Methode, mikroskopische Objecte zu messen, bestünde darin, auf die Masseintheilung eines Objectträgers, der mit einer solchen versehen ist, das zu messende Object zu legen und die Masszahlen im Mikroskope abzulesen. Solche Messplatten, Objectglasmikrometer genannt, werden in der That auch angefertigt, aber in der Regel nicht zum directen Messen verwendet. Denn, abgesehen von der Möglichkeit der Beschädigung der höchst feinen Theilung (z. B. 1 mm = 100 Theile), wäre es mit der grössten Beschwerlichkeit und Unbequemlichkeit verbunden, die zu messenden Objecte auf dem Messinstrumente in die richtige Lage zu bringen. Man misst deshalb fast durchwegs mit einem Ocularmikrometer, welches im Ocular angebracht ist und die Messung eines Objectes in jeder Richtung gestattet. Da aber das Ocularmikrometer nur der Vergrösserung des Oculars und nicht auch der des Objectives unterliegt, so können die abgelesenen Zahlen nicht unmittelbar als die Grössenmasszahlen angesehen werden. Weil nun das Verhältniss der Vergrösserungen beider Systeme — dieselbe Tubuslänge vorausgesetzt — das gleiche ist, woferne dieselben Systeme in Verwendung kommen, so lässt sich durch eine einfache Bestimmung eine Constante eruiren, die in Rechnung gezogen werden muss. Man stellt nämlich das Objectglasmikrometer, auf welchem z. B. 1 mm in 100 Theile getheilt ist, wonach 1 Theil = 0,01 mm ist, als Object ein, und zählt, wie viele Abtheilungen des Ocularmikrometers eine bestimmte Zahl des Objectivmikrometers decken. Würden auf 5 Theile des letzteren = 0,05 mm 20 Theile

[1]) Vergl. H. Behrens, Anleitung zur mikrochemischen Analyse der wichtigsten organischen Verbindungen, Hamburg 1896, Heft 2 S. 9.

des Ocularmikrometers fallen, so beträgt der wahre Werth einer Ocularmikrometerabtheilung 0,05 : 20 = 0,0025 mm. Diese Zahl heisst die Massconstante der beiden bestimmten Systeme in Bezug auf das angewendete Ocularmikrometer. Wird nun ein Object von beispielsweise 50 Abtheilungen des Ocularmikrometers gedeckt, so wird diese Zahl mit 0,0025 multiplicirt und man erhält die wahre Länge des Objectes = 0,125 mm. Zur Vereinfachung der Zahlen ist man übereingekommen, 0,001 mm = 1 μ (Mikron, Mikromillimeter, mmm) zu setzen und bezeichnet also die Länge mit 125 μ.

Das Objectivmikrometer lässt sich auch vortheilhaft benützen, die Vergrösserung einer bestimmten Systemcombination mit einer für die Praxis hinlänglichen Genauigkeit festzustellen. Die Bestimmung kann auf mehrfache Weise geschehen, am bequemsten nach folgenden Methoden. Man messe zunächst mit dem Objectivmikrometer den Durchmesser des wahren Gesichtsfeldes, welches im Mikroskop als helle Scheibe erscheint. Hierauf sehe man mit dem linken Auge in das Mikroskop, mit dem rechten auf eine in gleicher Höhe mit dem Mikroskoptisch liegende Fläche, und beachte dann das grosse ausserhalb des Mikroskops liegende scheinbare Gesichtsfeld; bei einiger Uebung wird man zwei gegenüberliegende Punkte der Peripherie markiren können, die als die Endpunkte des Durchmessers anzusehen sind. Die Masszahl dieses Durchmessers durch die Masszahl des Durchmessers des wahren Gesichtsfeldes dividirt, gibt die Vergrösserung an. Oder man beobachte mit dem linken Auge das Objectivmikrometer, mit dem rechten Auge das ausserhalb des Mikroskops erscheinende Bild des Mikrometers und zeichne genau die Abstände mehrerer Theilstriche. Durch eine einfache Division der so gewonnenen Masszahlen wird man die Vergrösserung leicht finden.

3. Zeichenapparate.

Zur genauen Wiedergabe der im Mikroskop geschauten Bilder dienen verschiedene Einrichtungen, deren Aufgabe es ist, nicht nur das Bild scharf und treu wiederzugeben, sondern auch die Lichtstärke nicht merklich zu verringern. Das Princip der Zeichenapparate ist das der Camera lucida. Den älteren Zeichenapparat von Abbe (Fig. 19) beschreibt Dippel folgendermassen: „Ein in der mittelst des Schräubchens (links) auf dem Oculardeckel aufzuklemmenden und durch zwei weitere Schräubchen zu centrirenden Fassung befestigter kleiner Glaswürfel W besteht aus zwei zusammengekitteten Prismen,

deren eines eine versilberte Hypotenusenfläche mit in die Versilberung eingekratztem kreisrunden Loche besitzt, während der seitliche Arm in einer 70 mm betragenden Entfernung von der Mikroskopaxe den drehbaren Spiegel Sp trägt. Die Fassung des Würfels ist dabei so regulirt, dass das kleine Loch von selbst genau in die Ebene der Austrittspupille des Oculares Nr. 2 Zeiss' fällt, man also

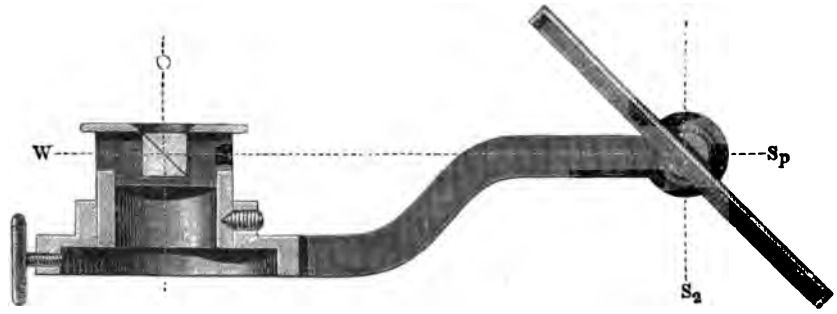


Fig. 19. Zeichenapparat nach Abbe.

durch dasselbe das in keiner Weise gestörte mikroskopische Bild in voller Schärfe sieht, während die von dem Zeichenstift her reflectirten, durch eine vierseitige Oeffnung der Fassung auf den Würfel treffenden Strahlen in gleicher Richtung in das Auge (bei O) gelangen. Bei dem Gebrauche hat man nichts weiter zu thun, als den Spiegel so zu drehen, dass der Kreis des Sehfeldes dicht neben den Fuss des Mikroskopes projicirt wird." Durch zwei zwischen Würfel und Spiegel angebrachte drehbare Rauchglasplättchen verschiedener Schattirung lässt sich die nahezu gleiche Beleuchtung von Sehfeld und Zeichenfläche herstellen. Die neueste Construction dieses Apparates weist noch mehrfache Verbesserungen in Bezug auf Beleuchtungsregulirung und Beweglichkeit auf.

4. Instrumente zum Schneiden, Präpariren u. s. w.

Zum Schneiden dünner Plättchen dienen Rasirmesser, Scalpelle und Mikrotome. Vortheilhaft sind Rasirmesser, deren eine Seite eben, die andere hohl geschliffen ist. Für Schnittreihen sind hauptsächlich die Mikrotome, welche sehr verschiedene Constructionen besitzen, zu verwenden. Ausserdem benöthigt man Präparirnadeln von verschiedener Form, mit geraden oder gebogenen Spitzen, mit kleiner lanzettartiger Fläche, eine Mikroskopscheere, Pincetten, einen kleinen Handschraubstock, Pinsel, Glasstäbe u. s. w. Zusammenstellungen der

wichtigsten Werkzeuge liefert jede gute Firma für mikroskopische Instrumente.

Zu den wichtigsten Hilfsmitteln gehören die Objectträger und Deckgläschen. Erstere müssen aus blasenfreiem, am besten aus weissem Glase bestehen und werden in verschiedenen Formaten (Giessener Format = 48 × 28 mm, englisches Format = 76 × 26) geliefert. Das bequemste Format ist das englische. Deckgläschen zur Beobachtung von wieder zu beseitigenden Objecten sind immer viereckig, gewöhnlich quadratisch von 24—12 mm Quadratseite. Zum Einschliessen von Dauerpräparaten verwendet man häufig kreisrunde Deckgläschen.

Drittes Capitel.

Technisches, Reagentien.

Die zu untersuchenden Objecte sind entweder so beschaffen, dass sie direct, ohne weitere Präparation in die ihrem optischen Brechungsvermögen angepasste Flüssigkeit (Wasser, Glycerin, Oel) eingelegt und beobachtet werden können[1]), oder sie müssen zuerst einer mehr oder minder complicirten Behandlung unterworfen werden. Stärke, lose Fasern, wie Baumwolle, ferner Hefezellen, Diatomaceen können sofort im Mikroskope untersucht werden, und geben daher auch sehr geeignete Beispiele ab, an denen man das mikroskopische Sehen am besten zu lernen vermag. Denn auch das mikroskopische Sehen, das Verstehen und Deuten des Beobachteten bedarf einer sorgfältigen Uebung[2]).

Die weitaus grösste Mehrzahl der technischen Rohstoffe lässt eine directe Beobachtung mit dem Mikroskope nicht zu. Bei durchfallendem Lichte müssen die zu untersuchenden Körper einen bestimmten Grad von Durchsichtigkeit besitzen, um in ihren mikroskopischen Details erkannt zu werden, und dieser Grad muss, wenn

[1]) Man beobachtet nur in Flüssigkeit suspendirte Objecte, nur ganz ausnahmsweise trocken liegende (z. B. Baumwolle, um die Cuticular-Oberfläche zu studiren).

[2]) Wer sich am raschesten und bequemsten diese Uebung erwerben will, dem sei das Werkchen von E. Giltay, Sieben Objecte unter dem Mikroskop, Einführung in die Grundlehren der Mikroskopie, zur Durcharbeitung empfohlen. In diesem wird den einer grossen Anzahl von Objecten gemeinschaftlichen Besonderheiten an einzelnen dafür gewählten Objecten nachgegangen und nachgeforscht, durch welche Eigenschaften der Objecte und unter welchen Bedingungen der mikroskopischen Beobachtungen jene Besonderheiten zu Stande kommen.

er nicht vorhanden ist, unter allen Umständen durch geeignete Behandlung erreicht werden. Sind die Objecte an und für sich dünn, aber nicht durchsichtig genug, so handelt es sich zunächst um eine hinlängliche Aufhellung. Hiezu dienen gewisse Reagentien im kalten oder im heissen Zustande. Kochen in Wasser, Einlegen in Alkalien, in Chloralhydrat, Erwärmen mit verdünnten Säuren führen in der Regel zum Ziele. Gewisse Objecte hellen sich in ätherischen Oelen gut auf. Um die dunkelfärbenden Materien in Frucht- und Samenschalen zu entfernen, verwendet man das Schulze'sche Gemisch (Salpetersäure und Kaliumhydrat), das zugleich den Verband der pflanzlichen Zellen aufhebt. Ein sicher wirkendes Mittel ist die Javelle'sche Lauge, die selbst ganz schwarze Gewebsschichten transparent macht[1]).

Aber nicht immer ist es das geringe Lichtdurchlassungsvermögen, welches das mikroskopische Studium eines Objectes beeinträchtigt oder verhindert. Sehr häufig sind die Gewebe geschrumpft, die Bestandtheile derselben in ihren Contouren undeutlich, mit einander verschmolzen u. s. w. Auch in diesem Falle können die Reagentien, passend angewendet, uns eine ausreichende Aufklärung verschaffen. Es wird bei der Behandlung der einzelnen Rohstoffe vielfältig die Gelegenheit sich darbieten, Gebrauch und Wirkung dieser Mittel kennen zu lernen.

Von dickeren Objecten, z. B. von Hölzern, Rinden, müssen dünne Schnitte hergestellt werden. Besonders harte Organe, wie Steinkerne, Zähne, geben durch Schleifen dünne Plättchen. Man siegelt an einem Korkstöpsel eine mit der Laubsäge abgeschnittene Platte fest, und schleift diese zuerst an einem Drehschleifsteine, solange es an diesem möglich ist. Dann nimmt man das Plättchen ab und bewegt es mit dem Finger an einem belgischen Rasiermesserstein so lange hin und her, bis es hinlänglich durchsichtig geworden ist.

Es ist bei der Untersuchung eines Objectes wohl zu beachten, von welchem Gesichtspunkte aus dieselbe unternommen wird, d. h. welche Frage die Untersuchung beantworten soll. In der Regel ist es zuerst der Aufbau des Objectes, sind es die Gewebeformen und deren Anordnung, ferner Gestalt und Grösse der Zellen, die studirt werden müssen. Die zweite Frage betrifft in der Regel die Untersuchung der Zellinhaltsstoffe. Ein praktisches Beispiel wird uns diese Art der Untersuchung klar machen. Eine technische Rinde,

[1]) Ein schönes Beispiel hiefür liefern einzelne Schichten der Samenschale von Amomum Meleguetta.

z. B. die Eichenrinde, zeigt einen ziemlich verwickelten Bau. Ausserdem sind verschiedene Gewebselemente stark geschrumpft, andere führen Inhaltsstoffe, ein in Wasser gelegter Schnitt erscheint daher recht undeutlich. Wird er aber in Kalilauge gelinde erwärmt, oder längere Zeit in Chloralhydrat suspendirt, so werden die Gewebselemente viel deutlicher hervortreten. Bei dieser Behandlung sind aber gewisse Zellinhaltsstoffe zerstört oder entfernt worden. Es müssen daher immer Paralleluntersuchungen mit verschiedenen Reagentien angestellt werden, um die Natur der Inhaltskörper festzustellen. Sehr lehrreich in dieser Beziehung sind die Leguminosensamen, die Muskatnuss, die Cacaobohne u. a.

Von grosser Bedeutung ist ferner die Anwendung der eine bestimmte Farbwirkung oder Färbung hervorrufenden Mittel. Die Anwendung derselben ist fast so alt, als es eine anatomische Untersuchung der Organismen gibt, die Zahl derselben war aber ursprünglich sehr gering[1]) und der Gebrauch derselben beschränkte sich auf den Nachweis der Stärke, der Eiweisskörper, der Gerbstoffe, der sog. Holzsubstanz. Gegenwärtig ist aber eine grosse Menge von Farbstoffen in Anwendung gekommen, deren specifische Farbwirkung auf bestimmte Gewebeformen und Bestandtheile des Zellinhaltes sie zur Erkennung derselben werthvoll macht[2]).

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Reagentien und Färbemittel (nach A. Tschirch[3]) ist im Folgenden mitgetheilt:

I. Säuren:

1. Schwefelsäure, concentrirt und verdünnt. Löst Cellulosemembranen, Stärke, Aleuron, führt Kalkoxalat in Gyps über. Jod und Schwefelsäure färben die Cellulose blau. Mit Rohrzuckerlösung getränktes Protoplasma zeigt in Schwefelsäure eine rosenrothe Färbung.
2. Salzsäure, concentrirt und verdünnt. Quellt Cellulosemembranen, wirkt aufhellend.
3. Salpetersäure (mit Kaliumchlorat zur Isolirung der Zellen).
4. Chromsäure, Korkreagens (Korkmembranen lösen sich nicht), klärt auf, lässt die Schichten der Stärkekörner hervortreten.

---

[1]) V. A. Poulsen, Botanische Mikrochemie, übersetzt von Carl Müller, Cassel 1881.

[2]) Sehr empfehlenswerth ist Behrens, Hilfsbuch zur Ausführung mikroskopischer Untersuchungen, Braunschweig 1883. — Tschirch, Mikrochemische Reagentien im Dienste der technischen Mikroskopie, Archiv der Pharmacie 1881, S. 801.

[3]) Angewandte Pflanzenanatomie, Wien 1889, S. 24.

5. Essigsäure.
6. Pikrinsäure (Härtungsmittel).

II. Alkalien:

7. Kalihydrat als 33⅓proc. Kalilauge, zum Aufhellen und Quellen, bezw. zum Aufheben der Schrumpfung.
8. Ammoniak in wässeriger Lösung, zum Aufhellen und Entfärben.
9. Javelle'sche Lauge, Liquor Kalii hypochlorosi, zum Entfärben.

III. Specifische Reactionsmittel:

10. (Jodlösungen): Wässerige Jodlösung, Jodkalium in Wasser (3 : 60) gelöst und etwas Jod zugesetzt. Reaction auf Stärke.
11. Jodglycerin. Gesättigte Auflösung von Jod in Glycerin.
12. Jodalkohol oder Jodtinctur.
13. Chlorzinkjod; concentrirte Chlorzinklösung wird mit ⅒ Wasser verdünnt, davon 100 Theile mit 6 Jodkali und soviel Jod versetzt, als sich darin löst. Reagens auf Cellulose (Violettfärbung).
14. Kalipyrochromat (gesättigte Lösung) und
15. Eisenchlorid (33⅓proc. Lösung). Gerbstoffreagentien.
16. Kupfersulfat in Verbindung mit Kali als Zuckerreagens: Der 1—2 Minuten in Kupfervitriollösung liegende Schnitt wird ausgewaschen und in kochende verdünnte Kalilauge gelegt. Traubenzucker und Dextrin reduciren zu körnigem rothem Niederschlag (Kupferoxydul). Rohrzucker wird violett.
17. Kupferoxydammon löst die Cellulosemembran.
18. Quecksilberchlorid härtet Aleuronkörner.
19. Millon's Reagens (Quecksilbernitratnitrit) färbt Eiweiss ziegelroth.
20. Anilinsulfat färbt die verholzten Membranen citronengelb.
21. Phloroglucin (und Salzsäure) färbt dieselben kirschroth.
22. Alkohol, Lösungsmittel für Harze, ätherische und einzelne fette Oele, Härtungsmittel.
23. Aether löst Harze, Fette etc.

Als Färbemittel finden Anilinviolett, Fuchsin, Methylviolett, Methylgrün, Nigrosin, Anilinbraun, Naphtylenblau, Congoroth, Methylenblau, Hämatoxylin, Corallin, Cochenille und Carmin, Alcannatinctur u. a. Verwendung; letztere ist ein vortreffliches Färbemittel für Harze.

Zweiter Theil.

Mikroskopie der wichtigsten Typen technischer Rohstoffe.

Erstes Capitel.

Stärke (und Inulin).

Allgemeines. — Kartoffelstärke.

Reine Stärke bildet ein aus Körnchen von verschiedener Grösse und Gestalt bestehendes weisses Pulver. Im Handel erscheint sie auch in Form von leicht zerfallenden Stengelchen, Brocken und kantigen Stücken als Stengel-, Krystall-, Brockenstärke. Zum Studium der morphologischen Eigenschaften der Stärke empfiehlt sich vor allem die Kartoffelstärke.

Man bringt ein sehr geringes Quantum, wie es etwa die Breitseite einer Lanzettnadel bedeckt, auf den Objectträger, fügt einen Tropfen destillirten Wassers hinzu, verreibt sanft mit der Nadel das Stärkehäufchen, vertheilt es gleichmässig im Wasser und legt behutsam das Deckgläschen darauf; ein Druck darf mit demselben nicht ausgeübt werden, weil dadurch die Stärkekörner verletzt werden würden. Etwa vorhandene Luftblasen verhindern die Beobachtung nicht.

Mit freiem Auge betrachtet erscheint uns die Kartoffelstärke als ein weisses, etwas glänzendes Pulver, das, auf dem Objectglas ausgebreitet, schon einzelne grössere Körnchen erkennen lässt.

Bei etwa zweihundertfacher Vergrösserung nimmt man im Gesichtsfelde zahlreiche farblose, verschieden grosse und verschieden gestaltete Körper wahr, die an ihrer Oberfläche eine Structur in Gestalt

von Schichten zeigen (Fig. 20). Vergrössert man durch Drehen der Mikrometerschraube den Abstand der unteren Linsenfläche des Objectives von dem Objecte, so wird die Structur undeutlich, die Contouren der Körper werden etwas schmäler und es lässt sich daraus erkennen, dass die Körper nicht scheibenförmig und flach, sondern gewölbt sind. Wenn wir auch keine regelmässigen und auch keine constanten Formen dieser Körper beobachten können, so werden wir doch bald die wichtigsten und charakteristischen Gestaltstypen herausfinden können: wir sehen eiförmige, unregelmässig eirundliche,

Fig. 20. Kartoffelstärke (Tschirch).

abgerundet drei- bis vierseitige, sogar mitunter etwas muschelförmige Körner, soferne wir nur die grössten ins Auge gefasst haben. Die Seitenansicht dieser grösseren Körner zeigt meist einen elliptischen Umriss. Vereinzelt finden sich auch Zwillings- und Drillingskörner vor.

Nächst der Gestalt interessirt uns die Grösse der Körner. Ein sorgfältiger Ueberblick zeigt uns, dass die Grössenverhältnisse keine auffallend schroffen Gegensätze aufweisen, d. h. dass wir Uebergänge von sehr kleinen und kleinen Körnern bis zu den grössten finden. Diese Thatsache ist deshalb von Wichtigkeit, weil bei anderen Stärkearten entweder nur sehr geringe Grössenunterschiede der einzelnen Körner, wie z. B. bei der Mais- und Reisstärke, oder im Gegensatz sehr auffällige Differenzen vorkommen. Die Weizen-, Roggen- und Gerstenstärke setzt sich aus grossen und aus kleinen Körnern zusammen; die mittleren Grössenformen treten sehr zurück.

Die häufigsten Längenmasse der grösseren Kartoffelstärkekörner sind 50—80 μ, das Maximum dürfte wohl bei 100 μ liegen[1]). Die Breiten- und Dickenmasse sind meist weit kleiner und betragen 30 bis 60 μ bezw. 20—30 μ.

Es muss hiezu bemerkt werden, dass diese Masszahlen nicht vollständig der Wirklichkeit entsprechen können. Denn da man in der Regel die in Wasser liegenden Stärkekörner der Messung unterzieht, so muss bei der Quellungsfähigkeit derselben stets eine grössere Zahl gefunden werden, als das trockene Korn ergeben würde. Messungen in wasserfreiem Glycerin, in welchem die Quellung nicht auftreten kann, sind aber nur sehr unvollkommen möglich, weil das Stärkekorn und das Glycerin fast denselben Brechungsexponenten besitzen, ersteres daher in letzterem nahezu unsichtbar werden muss. Genauere Zahlen würde man bei der Messung in fetten Oelen erhalten; aber es ist seit jeher üblich, Stärkekörner in Wasser zu messen und stillschweigend die Quellungsgrösse zu vernachlässigen.

Die an einem wohl ausgebildeten Kartoffelstärkekorn zu beobachtende Structur besteht in einer excentrischen Schichtung; wir sehen um einen, meist dem schmäleren Ende zunächst gelegenen Kern Schichten von verschiedener Mächtigkeit gelagert. Ein normales Weizenstärkekorn zeigt keine Schichten. Um über die Entstehung und Bedeutung dieser Schichten klar zu werden, müssen wir den Bildungsprocess der Stärke in der Pflanze in seinen wichtigsten Zügen kennen lernen.

Die Erzeugungsstätte der Stärke sind die grünen Organe, die Blätter (und Stengel). Der anatomische Bau eines Blattes ist im Allgemeinen folgender. Zwei Oberhautplatten (der Ober- und der Unterseite) decken das Blattmittelgewebe oder Mesophyll und das Stranggewebe (die Blattrippen oder -nerven, Fig. 21). Das Mesophyll hat zwei physiologische Aufgaben zu verrichten. Es muss die Durchlüftung oder den Luftwechsel ermöglichen und die Assimilation, d. h. den Aufbau organischer Stoffe, vollführen. In sehr vielen Fällen entsprechen diesen beiden Thätigkeiten auch zweierlei Gewebeformen, das sog. Palissadenparenchym (Fig. 21, p) und das Schwammparenchym (Fig. 21, sch), deren Anordnung im Blatte wieder eine zweifache sein kann[2]): das Palissadengewebe findet sich auf beiden Seiten des Blattes vor und schliesst das Schwammparenchym ein (isolaterale Blätter) oder das Palis-

[1]) Autor, Nahrungs- und Genussmittel, Cassel 1884, S. 107.

[2]) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 317.

sadengewebe liegt auf der Oberseite, das Schwammgewebe auf der Unterseite (bifaciale Blätter, Fig. 21). Seltener sind Durchlüftung und Assimilation an eine Gewebeform gebunden (homogen-centrische Blätter).

Fig. 21 zeigt uns den Querschnitt eines bifacialen Blattes. Unter der Oberhaut e der Oberseite liegt das Palissadenparenchym. Die Zellen desselben führen reichlich grüne Körnchen, Blattgrün-, Chlorophyllkörner oder Chloroplasten. Die Chloroplasten stellen nun

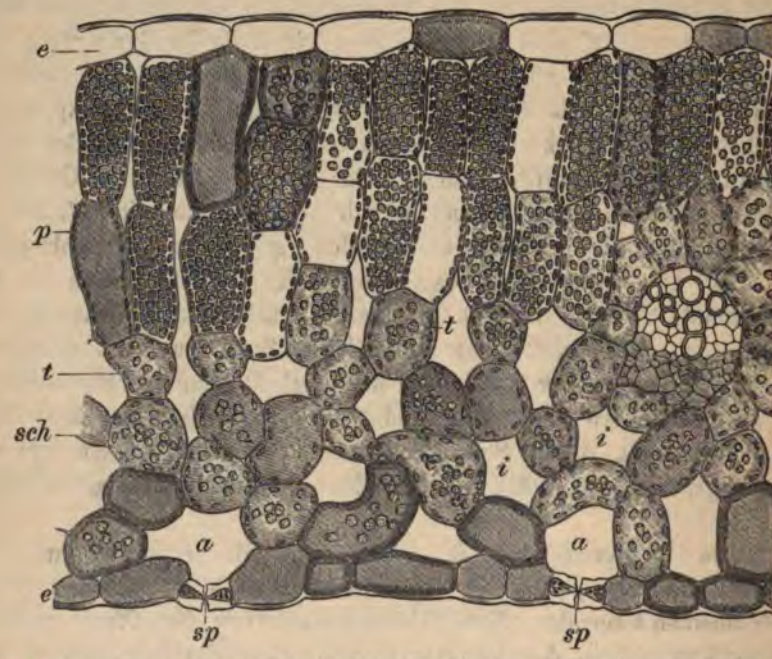


Fig. 21. Querschnitt durch ein Blatt der Rübe (Tschirch). e Epidermis, sp Spaltöffnungen, a Athemhöhle, p Palissaden, t Trichterzelle, sch Schwammparenchym, i Intercellularraum.

jene Werkstätte dar, in welcher sich der grösste chemische Process abspielt, den es überhaupt auf der Erde gibt. Die in der atmosphärischen Luft zu 0,03—0,04 Procent enthaltene Kohlensäure (H_2CO_3) wird von den Blättern aufgenommen und gelangt in die Chloroplasten, die unter dem Einflusse des Lichtes die Kohlensäure in organische C-haltige Stoffe umwandeln. Man nennt diesen Process die Assimilation des Kohlenstoffes. Welches das erste Product ist, das in den Chloroplasten erzeugt wird, ist nicht sicher bekannt; jedenfalls mag es ein einfacher Kohlenwasserstoff sein und als solcher wird von einigen Forschern der Formaldehyd (CH . OH) angenommen; da aber der-

selbe bekanntlich ein sehr heftiges Protoplasmagift ist, so müsste er sofort nach seinem Entstehen in andere Körper umgewandelt werden.

Das erste sichtbare Product des Assimilationsprocesses ist die Stärke (Assimilations- oder autochthone Stärke). Die Palissadenzellen sind an ihrer schmalen Innenseite stets mit sog. Trichterzellen in Verbindung, die als Saug- und Sammelzellen wirken (Fig. 21, t). Diese leiten die Stärke, die vorher in eine lösliche Substanz — wahrscheinlich in Zucker — verwandelt worden ist, in das Schwammparenchym und von diesem in die Stranggewebe (Fig. 21, rechts, über dem Intercellularraum i). In jeder Zelle, in welche die flüssige Substanz eingetreten, wird sie wieder zur Stärke, diese wird hierauf abermals gelöst, um in die nächste Zelle zu wandern. Man nennt die

Fig. 22. Weizen (Schumann). A Aehrchen, 1 und 2 Hüllspelzen, b Deck-, v Vorspelzen, B einzelne Blüthe, C und D Frucht, e Keimling.

Stärke in diesem Verlaufe die Wander- oder transitorische Stärke. Die Stranggewebe leiten die Stärke entweder zu jenen Orten, wo sie als Baustoff zum Aufbauen neuer Organe oder Organtheile zu fungiren hat, oder sie lagern die überschüssige Stärke in eigenen Speichern ab, in denen sie behufs künftiger Verwendung angesammelt wird. In den Speichern sind den Chloroplasten ähnliche, aber farblose Körper, die Leukoplasten[1]), vorhanden, denen die Aufgabe zukommt, aus der zugeleiteten Mutterlauge die festen Stärkekörner zu bilden. So entsteht die Speicher- oder Reservestärke, und alle Stärke, welche der Mensch für seine Zwecke verwendet, ist Reservestärke. Als Speicher derselben sind die Rhizome und Knollen, die Markstrahlen und das Mark der Stämme, Früchte und Samen zu nennen. In Fig. 22, die uns über den Blüthen- und Fruchtbau des Weizens orientirt, stellt e bei D den Keim vor, alles Uebrige ist der Speicher

[1]) A. F. W. Schimper, Untersuchungen über die Entstehung der Stärkekörner. Bot. Ztg. 1880, S. 881.

oder das Nährgewebe. An einem Querschnitt der Weizenfrucht (Fig. 23) sehen wir in st die Speicherzellen (den „Mehlkern"), die mit Reservestärke (und mit Eiweisskörpern) angefüllt sind.

Der Aufbau der Stärkekörner in den Speichern geschieht schichtenweise. Nach Schimper[1]) und Arthur Meyer[2]) hat es sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich, dass jede Schichte aus krystallischen, aber verzweigten Fasern (Trichiten) zusammengesetzt ist, mithin also das Stärkekorn als ein Sphärit, Sphärokrystall (analog dem mineralogischen „Glaskopf") anzusehen ist. Im Polarisationsapparat erscheint das Kartoffelstärkekorn bei gekreuzten Nicols, also im dunklen Gesichtsfeld, wie ein doppeltbrechender Krystall hell und zeigt ein schiefes dunkles Kreuz, dessen Balken im Kerne sich schneiden.

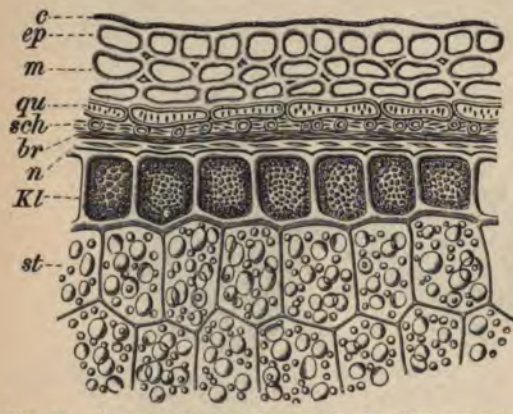


Fig. 23. Querschnitt der Randpartie der Weizenfrucht (Tschirch). ep Epidermis mit Cuticula, m Mittelschicht, qu Querzellen, sch Schlauchzellen, br und n Samenhaut, Kl „Kleber"-Schicht, st Stärke führendes Endosperm.

Die Schichten des Stärkekornes erscheinen in verschiedener Mächtigkeit und Schärfe. Einige treten sehr kräftig und deutlich hervor, mehrere erscheinen nur sehr zart abgegrenzt. Ihr Sichtbarwerden beruht nach der allgemeinen Annahme auf dem optischen Verhalten, welches durch einen verschiedenen Wassergehalt bedingt wird. Der Kern gilt als der wasserreichste Theil, und die darauffolgenden Schichten wechseln in ihrem Wassergehalt angeblich ziemlich regelmässig ab. Beim Beginn der Bildung einer Schichte ist die das Stärkematerial abgebende Mutterlauge noch sehr concentrirt, je weiter die Bildung fortschreitet, desto substanzärmer werde die Mutterlauge und desto mehr Wasser tritt neben Substanz in die Schichte ein; die Bildung wird endlich unterbrochen, um dann wieder zu beginnen, wenn die Mutterlauge die nöthige Concentration erreicht hat[3]).

---

[1]) Bot. Ztg. 1881, S. 185.

[2]) Untersuchungen über die Stärkekörner. Wesen und Lebensgeschichte der Stärkekörner der höheren Pflanzen, Jena 1895, S. 116 ff.

[3]) Arthur Meyer (l. c. S. 129) gibt dieser Anschauung in folgender Weise Ausdruck: „Die Stärkekörner wachsen zuletzt ebenso, wie die Sphärokrystalle

Chemisches Verhalten der Stärke.

Die Stärke des Handels ist in Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform, Benzin, Kupferoxydammoniak unlöslich. Sogenannte grüne Stärke, wie sie bei der Fabrication erhalten wird, enthält etwa 45 Procent Wasser; lufttrockene Stärke besitzt 12—20 und mehr Procent Wasser. Die wasserfreie Stärke entspricht der Formel $C_{12}H_{20}O_{10}$ oder $C_{18}H_{30}O_{15}$ oder $C_{36}H_{62}O_{31}$. Liebig gab 1834 die Formel für Stärke mit $C_6H_{10}O_5$ an. C. Nägeli[1]) fand, dass die Stärke aus zwei Substanzen zusammengesetzt ist. Behandelt man Kartoffelstärkekörner bei 40—55° mit Speichel, so wird eine Substanz ausgezogen, die C. Nägeli Granulose nannte, während das zurückbleibende Skelet nach C. Nägeli aus reiner Cellulose bestehe. Diese Stärkecellulose oder Farinose (Mohl) mache nur wenige Procent[2]) aus, während die Granulose die eigentliche Stärkesubstanz darstelle. Nach A. Meyer besteht die Stärke aus einem von ihm Amylose genannten Körper und aus kleinen Mengen eines Spaltungsproductes desselben, dem Amylodextrin. Die Amylose kommt in zwei Modificationen vor, einer bei 100° in Wasser flüssig werdenden, welche β-Amylose, und einer nicht bei 100° flüssigen Form, welche α-Amylose genannt wird.

Da die Stärke specifisch schwerer als Wasser ist, so setzt sie sich in kaltem Wasser bald zu Boden, daher der alte Name Satzmehl. Wird sie aber mit einem über 45—55° erwärmten Wasser behandelt, so treten Quellungserscheinungen auf, die bei entsprechender und für die einzelnen Stärkearten charakteristischer Temperatur bis zum vollständigen Verlust der Körnerindividualität sich steigern. Die Körner zerreissen die äusserste hüllenartige Schichte, ihr Inhalt fliesst zu einer mehr oder weniger gleichartigen Masse zusammen, die als Kleister bezeichnet wird. Die Verkleisterungstemperaturen sind nach Lippmann's Tabelle folgende:

---

anderer Kohlehydrate, und ihre Schichten sind wie die anderer Sphärokrystalle dadurch entstanden, dass während des Wachsthums eines Stärkekorns die Verhältnisse der Mutterlauge, welche das Wachsthum und die Form der Trichite bedingen, sich periodisch änderten." — Derselbe Autor nimmt auch an, dass jedes Stärkekorn durch die Substanz seines Chromatophors (Leukoplasten oder Chloroplasten) völlig und constant umhüllt sei, dass aber diese Hülle wegen ihrer ausserordentlich geringen Mächtigkeit (bei Adoxa höchstens zwei Millionstel Millimeter) zumeist unsichtbar bleiben müsse.

[1]) Die Stärkekörner, Zürich 1858, S. 209.

[2]) Vergl. den zusammenfassenden Artikel Amylum von Tschirch in Geissler-Moeller, Realencyklopädie der gesammten Pharmacie, Bd. I, S. 324.

	Deutliches Aufquellen C°	Beginn der Verkleisterung C°	Vollkommene Verkleisterung C°
Roggenstärke	45	50	55
Rosskastanienstärke	52,5	56,2	58,7
Reisstärke	53,7	58,7	61,2
Gerstenstärke	37,5	57,5	62,5
Kartoffelstärke	46,2	58,7	62,5
Maisstärke	50	55,0	62,5
Weizenstärke	50	65	67,5
Tapioca	—	62,5	68,7
Arrowroot (Maranta arundinacea)	66,2	66,2	70
Sago (Sagus Rumphii)	—	66,2	70
Buchweizenstärke	55	68,7	71,7
Eichelstärke	57,5	77,5	87,5

Es lassen sich daher mehrere Stärkearten durch die Verschiedenheit der Verkleisterungstemperaturen von einander unterscheiden. Bei Gemischen wird dies allerdings immer grosse Schwierigkeiten bieten. Wittmack[1]) gründet darauf die Erkennung einer Beimischung des Weizenmehles zum Roggenmehl und umgekehrt. Weinwurm[2]) will mit Hilfe der Verkleisterungstemperaturen auch eine quantitative Bestimmung des dem Roggenmehl beigemischten Weizenmehles durchführen. Digerirt man Roggenmehl bei 62½—63° mit Wasser 1 Stunde lang, so sind fast alle Stärkekörner gequollen oder gelöst (verkleistert). Die Stärkekörner des Weizenmehles zeigen sich wohl auch gequollen, besitzen aber noch einen deutlichen dunklen Rand. Mittelst der Zählmethode soll es möglich sein, Beimischungen bis etwa 5 Procent zu bestimmen.

Die Verkleisterung der Stärke bewirken auch zahlreiche chemische Stoffe, wie die Kalilauge, Chlorzink, Chlormagnesium, Chloralhydrat[3]) u. s. w. Es ist wohl nicht überflüssig, hier ausdrücklich zu bemerken, dass die Verkleisterung keine wirkliche Lösung der Stärke, noch weniger aber eine chemische Veränderung der Stärkesubstanzen darstellt.

Das älteste und wichtigste Reagens auf Stärke ist Jod. Bringt man trockene Stärke in eine alkoholische Jodlösung, so entsteht keine charakteristische Reaction, die Stärkekörner färben sich

---

[1]) Anleitung zur Erkennung organischer und unorganischer Beimengungen im Roggen- und Weizenmehl, Leipzig 1884, S. 36 und Wittmack in Dammer's Lexikon der Verfälschungen, Leipzig 1887, Artikel Mehl, S. 548.

[2]) Ueber die qualitative und quantitave Bestimmung von Weizenmehl im Roggenmehl. Zeitschr. für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel 1898, Nr. 2, S. 98.

[3]) Eine Zusammenstellung derselben siehe bei A. Meyer, l. c. S. 20.

braun. Wirkt aber Jod in Verbindung mit Wasser auf Stärke ein, so erscheint letztere blau gefärbt; man wendet in der Regel eine Jodjodkaliumlösung an. Mit Ausnahme einiger besonderer, später zu erwähnender Stärkearten geben alle Stärken die Blaufärbung, die allerdings nach der Art der Stärke, wohl auch nach der Beschaffenheit des Reagens Abstufungen von blau, blauviolett und röthlichviolett zeigt. Die Färbung wird durch hinzugesetztes Ammoniak oder Kalilauge sofort wieder aufgehoben [1]).

Nach neueren Anschauungen ist die Aufnahme des Jodes in die Stärke nur bei Gegenwart kleiner Mengen von Jodwasserstoff oder von einem Jodsalz möglich. Die blaugefärbte Stärke, sog. Jodstärke, ist aber keine chemische Verbindung des Jods mit der Stärkesubstanz, auch kein einfaches mechanisches Gemenge, sondern nach Meyer (l. c. S. 26) eine Lösung von Jod oder Jodkalium in der Stärke.

Schon im normalen Stärkekorn der gewöhnlichen Stärkearten, insbesondere aber in einigen abnormal sich verhaltenden, ist ein Umwandlungsproduct der Stärkesubstanzen enthalten, welches Amylodextrin genannt wird. Die Stärkekörner des Klebreises, der Klebhirse und des Klebsorgho färben sich mit Jod nicht blau, sondern roth [2]), sie sind grösstentheils aus Amylodextrin zusammengesetzt und sonach von den eigentlichen Stärkekörnern wesentlich verschieden. Auch in vielen anderen Pflanzen sind solche Amylodextrinkörner aufgefunden worden, und die bekannten vielgestaltigen Körnchen in der Macis (Muskatblüthe, der Samenmantel von Myristica fragrans) werden ebenfalls als solche angesprochen [3]). Das Amylodextrin entsteht wahrscheinlich (wie Dextrin und Dextrose, s. u.) bei der Behandlung der Stärke mit Fermenten, verdünnten Säuren und unterscheidet sich nach A. Meyer (l. c. S. 29) von der Stärkesubstanz (Amylose) folgendermassen:

Amylose.	Amylodextrin.
Bleiessig: Niederschlag in 0,05-proc. Lösung.	Kein Niederschlag in 6proc. Lösung.

[1]) Ausführliches darüber siehe Meinecke, Studien über die Jodstärke-Reaction, Chem. Ztg. 1894, Jahrg. 18, S. 157.

[2]) Vergl. hiezu A. Gris, Annales des scienc. natur. botan. 1860, tom. 7, p. 896. — Dafert, Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. 1887, S. 108. — Arthur Meyer, l. c. S. 80 und Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. 1886, S. 337.

[3]) Tschirch hält dieselben für Amylodextrinstärke. (Tschirch-Oesterle, Anatomischer Atlas der Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde, Lief. 12, S. 252.)

Amylose.	Amylodextrin.
Tanninlösung: Niederschlag in 0,005proc. Lösung.	Kein Niederschlag in kalter 5proc. Lösung.
Jod: Färbt verdünnte Lösungen rein blau.	Färbt verdünnte Lösungen rein roth.
Fehling's Lösung: Wird nicht reducirt.	100 g Amylodextrin reduciren so stark, wie 5,6 wasserfreie Dextrose.
$\alpha)_D$ in Calciumnitratlösung $+230^0$.	in Calciumnitratlösung $+150^0$.

Ein weiteres wichtiges Umwandlungsproduct der Stärke ist das Dextrin. Wird Stärke geröstet, d. h. ohne Wasserzusatz erhitzt, so entsteht eine bräunliche, in Wasser lösliche Masse, welche Leiogomme oder Röstgummi genannt wird und im Wesentlichen aus Dextrin besteht. Dextrin erhält man auch durch Einwirkung verdünnter Säuren, z. B. der Salz-, Schwefel-, Salpeter- und Oxalsäure (Säuregummi) oder mittelst Diastase.

Das Endproduct der Umwandlung der Stärke ist immer Zucker. Alle Stärke lässt sich mit verdünnten Säuren in Traubenzucker (Glykose, Dextrose) überführen. Bei der Keimung stärkehaltiger Samen (Getreidefrüchte) entstehen Fermente, welche ebenfalls diesen Umwandlungsprocess vollführen. Wird Gerste keimen gelassen, so bildet sich Diastase, welche einen Theil der Stärke in Maltose (Malzzucker), ferner Glykase, welche Stärke in Glykose überführt u. s. w. Auf diesen Processen beruht die Bierbrauerei, die Branntweinbrennerei, die Verdaulichkeit der Stärke im thierischen Körper.

Die Kartoffelstärke[1]) wird auf zweifache Weise gewonnen: Entweder durch Zerreiben der Knollen, Auswaschen, Absetzen, Reinigen u. s. w. oder durch die sog. Völcker'sche Methode, nach welcher die Kartoffeln in Scheiben geschnitten und letztere auf Haufen einem Gährungsprocess überlassen werden. Die Stärke ist häufig etwas gelblich und wird durch einen Ultramarinzusatz geschönt. Sie äussert, namentlich in feuchtem Zustande, beim Verbacken oder bei der Behandlung mit Schwefelsäure, einen unangenehmen krautartigen Geruch. Der Kartoffelstärkekleister ist auffallend durchscheinend (hyalin), der von Reis- oder Weizenstärke milchig trübe.

Nach v. Höhnel[2]) lassen sich die vier wichtigsten Handels-

[1]) L. v. Wagner, Handbuch der Stärkefabrication, 2. Aufl., Weimar 1884. — Rehwald, Stärkefabrication, 2. Aufl., Wien 1885.

[2]) Die Stärke und die Mahlproducte, Cassel 1882, S. 68.

stärken, woferne sie rein und frei von fremden Stärken sind, schon mit der Lupe unterscheiden. Die Einzelkörner der Kartoffel sieht man schon mit freiem Auge, Weizen-, Roggen- und Gerstenstärkekörner mit der Lupe, Reisstärke gibt wegen der Kleinheit der Körner auch mit der Lupe kein Bild der Stärkeindividuen.

Technisch verwendbare Kartoffelstärke muss der oben angegebenen Beschreibung entsprechen. Sie lässt sich gut dextriniren und in Zucker überführen, wird als Appreturmittel zum Stärken der Wäsche, zur Kleistererzeugung, zur Weberschlichte, zur Darstellung von Nahrungsmitteln (falscher Sago, schlechte Maccaroni), als Leimungs- und Weissfärbungsmittel in der Papierfabrication, zur Verfälschung anderer Stärkearten und verschiedener pulverförmiger Lebensmittel verwendet. In Metallgiessereien gebraucht man Kartoffelstärke zum Ausstäuben der Formen an Stelle des Holzkohlenpulvers. Am grossartigsten ist wohl die Verarbeitung dieser Stärke zu Zucker und Spiritus. Die Rückstände der Kartoffelstärkefabrication, die Pulpe und die sog. Stärkefaser dienen als Futtermittel und als schlechtes Vermehrungsmittel des Papierstoffes für ganz ordinäre Packpapiere.

Fig. 24. Kartoffelstärke, in Lösung begriffen. Vergr. 300.

Fehler der Kartoffelstärke (Beispiel aus der Praxis). Eine zur Untersuchung vorgelegte Probe liess sich nach Angabe des Fabrikanten nicht mehr in brauchbares Dextrin umwandeln. Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass an zahlreichen Stärkekörnern (Fig. 24) sehr bedeutende Veränderungen stattgefunden hatten. An einzelnen beobachtete man Risse und Sprünge, die den Kern durchzogen oder von ihm ausgingen, an anderen war eine unregelmässige, meist zackig begrenzte Kernhöhle vorhanden; andere wieder erschienen wie fein punktirt, angenagt, mit Löchern, Gängen etc. versehen.

In Fig. 24 sind die wichtigsten Corrosions- und Lösungsformen

wiedergegeben[1]). Die Körner waren durch ein lösendes Ferment (Diastase) angegriffen worden und zeigten Lösungserscheinungen, wie solche auch an den Stärkekörnern des auskeimenden Kartoffelknollens auftreten. Es waren somit zur Erzeugung dieser fehlerhaften Stärke wahrscheinlich Kartoffeln verwendet worden, welche (eingelagert im Keller) im Frühjahr auszutreiben begonnen hatten.

Fig. 25. Weizenstärke (Tschirch).

Weizenstärke. (Fig. 25.)

Die Weizen-, Roggen- und Gerstenstärke sind nach einem und demselben Typus[2]) gebaut. Man unterscheidet Gross- und Kleinkörner. Die Grosskörner der Weizenstärke entsprechen dicken Linsen, erscheinen in der Flächenansicht scheibenartig rund, ohne jede Schichtung, meist auch ohne Andeutung eines Kernes, ausnahmsweise mit einigen wenigen Schichten oder mit einem sternförmigen Kernriss; von der Seite gesehen elliptisch, oft mit einem (vielleicht meist nur scheinbaren) Längsspalt. Grösse: 15—45 μ, meistens 20—35 μ. Mit verdünnter Chromsäure behandelte oder von keimenden Früchten herrührende Stärke zeigt einen im Centrum gelegenen Kern und eine zarte concentrirte Schichtung. — Die Kleinkörner sind grösstentheils kugelig, eiförmig, spitzeiförmig

[1]) Sehr ähnliche Erscheinungen zeigen nach A. Meyer, l. c. Tafel III, X, Y, die mit Diastase 3 Wochen lang behandelten Stärkekörner von Dieffenbachia Seguina Schott. Nach demselben Autor sollen aber an der Kartoffelstärke diese Lösungsformen nur dann eintreten, wenn das Stärkekorn Risse oder Spalten besass; an dem intacten Korn löst sich die Substanz schichtenweise ab und man sieht dann häufig schmale, schlanke, fast spindelige Körner.

[2]) Die Unterschiede in den Formen benützt Tschirch (Archiv der Pharmacie 1883 u. 1884) zur Aufstellung bestimmter diagnostischer Hilfsmittel, des Typus und der Hauptform. Letztere bezeichnet die am häufigsten vorkommende Form, der Typus ist eine specifische charakteristische Gestaltung. Beide decken sich häufig (Kartoffel- und Weizenstärke), seltener ist der Typus nur in geringer Menge vorhanden (die spindeligen Körnchen der Haferstärke).

und messen 1—8 μ, ausserdem kommen auch zusammengesetzte (Zwillinge, Drillinge) vor, die nach dem Zerfallen eine oder zwei ebene Berührungsflächen zeigen. An manchen Grosskörnern kann man die Abdrücke der früher angelagerten Kleinkörner beobachten, die eine netzartige Zeichnung verursachen.

Die sehr ähnliche Roggenstärke zeigt hauptsächlich nur in den Grosskörnern wesentliche Unterschiede; diese sind sehr häufig mit einer kreuz- oder sternförmigen Kernspalte (Trocknungsphänomen) versehen, und zumeist weit grösser. Das Grössenmaximum ist von mir mit 52 μ erkannt worden; die Mehrzahl der Körner misst 35—45 μ.

Im Gegensatze hiezu sind die Grosskörner der Gerstenstärke weit kleiner, das Maximum beträgt 35 μ, die Mehrzahl schwankt um 20 μ. Die Körner sind häufig nicht vollkommen kreisrund, sondern elliptisch oder an einer Seite eingedrückt, im Umriss also breitnieren- und bohnenförmig.

Roggen- und Gerstenstärke werden für sich im Grossbetrieb nicht hergestellt.

Ueber die Darstellung der Stärke kann hier nur insoweit berichtet werden, als sie zugleich auf die Morphologie des Stärkekornes Einfluss nimmt; wir werden nämlich sehen, dass bei gewissen Fabricationsweisen das Aussehen des Stärkekornes mitunter verändert werden kann. Weizenstärke kann aus dem unverkleinerten, oder aus dem geschroteten Weizenkorn, oder aus dem Weizenmehl erzeugt werden. Die Darstellung aus Korn oder Schrot bedingt die Anwendung von Quellungsprocessen und Quetschapparaten. Das Wesentliche an der ganzen Darstellung ist die Entfernung des Klebers, der Stickstoffsubstanz des Mehlkernes. Danach unterscheidet man zwei Verfahren.

Das Halle'sche Verfahren, das wohl am meisten noch geübt wird, bedient sich einer sauren Gährung, durch welche der Kleber zerstört wird. Die durch Einquellen und Zerquetschen des ganzen oder geschroteten Kornes gewonnene Maische wird nach Zugabe eines „Sauerwassers", das von früheren Erzeugungen herrührt, einer sauren Gährung unterworfen; es sind hauptsächlich Milchsäurebacterien, welche in der Maische auftreten. Ist der Kleber grösstentheils vernichtet, so wird die Rohstärke mittelst Waschtrommeln abgeschieden, durch Absitzenlassen oder durch Centrifugen gereinigt. Rein weisse Stärke erhält man nur im Sommer. Dieses Verfahren liefert wohl das reinste Product, gibt aber den werthvollen Kleber preis und mag daher wohl nicht hinlänglich rationell erscheinen.

Das Elsässer-Verfahren nimmt gar keine oder nur eine schwache

theilweise Gährung zu Hilfe. Das Wasser des eingequellten Kornes wird öfters erneuert, um ein Sauerwerden hintanzuhalten; der erweichte Weizen wird zerquetscht und sogleich ausgewaschen. Die Rohstärkemilch lässt man nun schwach sauer werden und scheidet sie durch Centrifugiren in Rohstärke und Kleberstärke. Letztere wird getrocknet und gemahlen meist zu Mehl gemischt oder als Klebermehl verwendet. Die Rohstärke wird auf verschiedene Weise, meist durch eine kurze Gährung und durch Centrifugiren in Reinstärke verwandelt.

Die Stärkegewinnung aus dem Mehl beruht auf dem Martin- bezw. Fesca-Verfahren. Nach ersterem wird das Mehl zu einem steifen Teig geknetet, dieser 1—2 Stunden ruhen gelassen (damit der Kleber das Wasser binde) und darauf mit Brausen auf feinen Sieben ausgewaschen. Der zurückbleibende noch stärkehaltige Kleber gibt

Fig. 26. Stärke aus ausgekeimter Weizenfrucht. Vergr. 300.

Fig. 27. Stärke aus ausgekeimter Roggenfrucht. Vergr. 300.

das Material für Suppeneinlagen (Maccaroni, Nudeln) ab. Die in Bottichen sich absetzende Stärke lässt man schwach gähren. Nach Fesca wird ein dünnflüssiger Teig hergestellt, der mittelst Centrifugirens in Rohstärke und in Kleberstärke geschieden wird.

Fehler der Weizenstärke. Eine zur Untersuchung vorgelegte Weizenstärke war nach Angabe des Fabrikanten zur Appretur nicht brauchbar. Die mikroskopische Untersuchung zeigte an zahlreichen Grosskörnern auffällige Substanzverluste, zumeist nur an einer Seite, die von den weiter unten besprochenen, durch die Keimung des Weizenkornes erzeugten Veränderungen zum Theil verschieden waren. Genau dieselben, einem Abschmelzen der Stärkesubstanz gleichkommenden Veränderungen wurden erzielt, wenn man intacte Stärke einige Tage hindurch in verdünnte Milchsäure einlagerte. Es konnte daraus erschlossen werden, dass die Stärke durch das Sauerverfahren gewonnen und über die zur Zerstörung

des Klebers nothwendige Zeit hinaus der Milchsäurewirkung ausgesetzt gewesen war.

Die aus keimendem Getreide gewonnene Stärke ist an den charakteristischen Lösungserscheinungen kenntlich. Die Weizenstärke (Fig. 26) zeigt eine deutliche, zarte concentrische Schichtung und verschieden entwickelte Kernspalten; die Schichtung tritt häufig stellenweise (immer in demselben Radius) stärker auf, während in den Zwischenpartien die Schichtungslinien kaum wahrnehmbar sind. Bei weit vorgeschrittener Demolirung ist das Korn ausgehöhlt oder von zahlreichen Canälen durchzogen.

Sehr verschieden davon erscheint die Stärke von auskeimendem Roggen (Fig. 27). Zumeist ist die peripherische Schichtengruppe von der inneren durch einen starken ringförmigen Spalt getrennt und radial gestreift; das Centrum ist unregelmässig zerklüftet. Die Kernspalten sind erweitert.

Die technische Verwendung der Weizenstärke ist höchst umfangreich; sie dient zur Appretur, zu Kleister, überhaupt zu allem, wozu auch die Kartoffelstärke gebraucht werden kann.

Maisstärke. (Fig. 28.)

Die Maisstärke wird durch Einquellen der Maisfrüchte, Zerquetschen und Auswaschen auf Cylindersieben gewonnen. Wegen der hornigen Beschaffenheit des Maiskornes wendet man auch Aetznatronlauge, schweflige Säure an, oder lässt eine schwache Gährung einwirken.

Das Nährgewebe des Maiskornes zerfällt in einen durchscheinen-

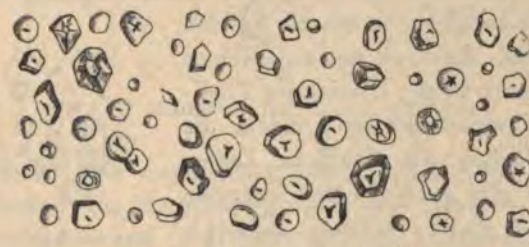


Fig. 28. Maisstärke (Tschirch).

den, hornigharten, peripherischen Theil, das Hornendosperm, und in das central gelegene, lockere, weisse Mehlendosperm (Fig. 29, eg und ew). Im ersteren sind die Stärkekörner fest an einander gepresst und durch Kleber mit einander verkittet, im letzteren liegen sie mehr oder weniger frei. Diese verschiedenen Arten der Lagerung üben auf

die Gestaltung der Körner einen wesentlichen Einfluss aus und man findet dieselben daher nach zwei Typen entwickelt. Im Hornendosperm sind sie scharfkantig, polyedrisch, häufig noch zu mehreren im Zusammenhange, niemals geschichtet, gewöhnlich mit einem centralen kreuz- oder sternförmigen Spalt versehen, ziemlich egal in der Grösse: 10—20 μ, das Maximum 30 μ. Die Körner des Mehlendosperms sind mehr rundlich, plastisch, meist einzeln; in der Grösse viel weniger egal.

Fig. 29. Längsschnitt der Frucht von Zea Mays, sechsfach vergrössert. c Fruchtschale, n Ansatz der Narbe, fs Fruchtbasis, eg Hornendosperm, ew Mehlendosperm, sc Scutellum, ss Spitze des Scutellums, e Saugepithel, k Knospe der Plumula vom Kotyledon bedeckt, st Stengelchen der Plumula, w Radicula und Nebenwurzeln, ws Koleorrhiza. — Sachs, Lehrb.

Die Maisstärke kommt im Handel auch unter der Bezeichnung Mondamin, Corn flour oder Maizena[1]) (aus dem Mehlendosperm) vor.

Reisstärke. (Fig. 30.)

Wegen der hornigen Beschaffenheit des Reiskornes kann die Reisstärke nur unter Anwendung kleberlösender Mittel dargestellt werden. Zumeist werden die Reisfrüchte mit verdünnter Aetznatronlauge behandelt, welche den Kleber löst, und hierauf gemahlen. Auch Säuren und Gährung finden Anwendung.

Die Reisstärke[2]) des Handels besteht aus scharfkantig-polyedrischen, krystallähnlichen Körnern, von denen manche, besonders die (scheinbar) dreikantigen, in scharfe Spitzen ausgezogen sind. Auch an den zusammengesetzten Körnern ist der Umriss der Theilkörner scharf wahrzunehmen, indem die Compositionsflächen als deutliche Linien auftreten. Es gibt auch bei den kleinsten Formen keine ganz runden Körner, was zur Unterscheidung von ähnlichen Stärken wohl zu beachten ist. Grösse 3—10 μ; grössere Körner als von 10 μ gibt es nicht. Die aus der Reisfrucht direct präparirten Stärke-

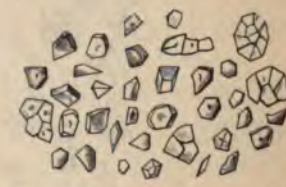


Fig. 30. Reisstärke. Vergr. 500.

[1]) So heisst nach Wigand (Pharmakognosie, S. 33) auch die Stärke von der Palme Corypha cerifera.

[2]) Autor, Reis- und Buchweizenstärke, Chem. Ztg. 1894, Jahrg. 18, Nr. 33. — Tschirch, Archiv d. Phar., Band 23, S. 528.

körner messen höchstens 8 μ; die Anwendung der Laugen oder Säuren in der fabrikmässigen Darstellung macht die Körner aufquellen und erklärt die Volumvergrösserung an der Handelsstärke.

Grosse Aehnlichkeit besitzt die Reisstärke mit der Buchweizen- und Haferstärke; letztere kommt für sich nicht im Handel vor, wohl aber die Buchweizenstärke[1]). Die Einzelkörner derselben sind rundlich, polyedrisch, niemals in scharfe Spitzen ausgezogen, die kleinen und kleinsten durchwegs rund. Masse 8—15 μ, am häufigsten 10 μ. Als Leiter sind zusammengesetzte Körner zu betrachten; es verbinden sich nämlich 2—4, seltener mehr (angeblich bis 15?) Theilkörner zu einem an den freien Enden meist abgerundeten und aufgetriebenen, häufig gekrümmten, nicht überall gleich dicken Stabe, der nicht selten einem Knüttel oder einem Wurme gleicht. Die Compositionsflächen sind an denselben meist nur sehr undeutlich zu beobachten. (Fig. 31.)

Fig. 31. Buchweizenstärke. Vergr. 500.

Die Haferstärke (Fig. 32) besteht aus grossen rundlichen oder eiförmigen Stärkekörpern, die bis 200 Theilkörner enthalten können;

Fig. 32. Haferstärke (Tschirch). Vergr. 300.

die Theilkörner sind meist scharfkantig, häufig mit einer runden Kante versehen, den Reisstärkekörnern sehr ähnlich. Die Einzelkörner sind theils rund (Füllkörner nach Tschirch), theils aber spindel-, citronen-, halbmondförmig, dreieckig und somit sehr charakteristisch. Masse 5—12 μ, meist 7 μ.

---

[1]) Tschirch, Archiv etc., Band 23, S. 525 und Realencyklopädie etc. 1886, Band I, S. 338, unterscheidet am Buchweizen ein Horn- und Mehlendosperm und diesen entsprechend auch zwei Stärketypen. Vergl. auch Autor, Chem. Ztg. 1894, Jahrg. 18, Nr. 33.

Die Stärkearten tropischer Pflanzen, deren eine grössere Menge beschrieben worden ist, haben in Europa nur eine sehr beschränkte Anwendung. Als Beispiel soll hier die Marantastärke besprochen werden.

Marantastärke (Westindisches Arrowroot, Pfeilwurzelmehl).

Die echte Marantastärke wird aus den Knollen der Maranta arundinacea L. auf Bermuda, der Insel St. Kitts und auf St. Vincent gewonnen[1]). Im Handel erscheinen aber, soweit sich bisher feststellen

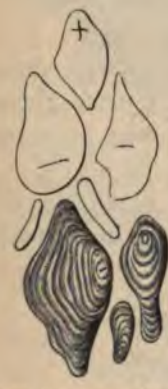


Fig. 33. Stärke von Maranta arundinacea.

Fig. 34. Stärke von Maranta indica Tuss. Typus: Keulenform mit starken Ausbuchtungen, Schildform, Rhombus gebuchtet. Längenmaximum 68 μ.

lässt, drei Formen. Das echte Pfeilwurzelmehl zeigt nur einfache Stärkekörner, deren typische Gestalt der Rhombus, das Rhomboid und die Keulenform ist (Fig. 33). Daneben sind auch birnförmige, dreieckige und eiförmige mit Ausbuchtungen häufig. Die Körner sind ausgezeichnet excentrisch geschichtet, an Stelle des Kernes ist in der Regel eine einfache Querspalte (seltener eine kreuzförmige) vorhanden.

Ueber die anderen Marantastärken ist (nach dem unten in der Note angezogenen Aufsatze) Folgendes zu bemerken: Die Stärke von Maranta indica Tuss. haben Flückiger und Wiesner be-

[1]) Ueber die Gewinnung siehe Autor, Zur Charakteristik der Marantastärke, Pharmac. Post 1889, XXII, S. 177.

schrieben, ersterer in der ersten Auflage seiner Pharmakognosie, S. 710. In der zweiten Auflage dagegen, S. 220, findet Flückiger die Unterschiede Maranta arundinacea und Maranta indica nur sehr gering, so dass letztere als besondere Art nicht festzuhalten ist; diese Unterschiede erstrecken sich durchaus nicht auf die Amylumkörner, woraus also zu ersehen ist, dass Flückiger die Stärken beider Maranta-„Arten" für nicht verschieden hält. Die von Wiesner[1]) beschriebenen und abgebildeten Stärkekörner, die von Maranta indica stammen sollen, sind meist zusammengesetzt, weichen also von dem Marantatypus total ab, was übrigens Wiesner selbst ausdrücklich bemerkt.

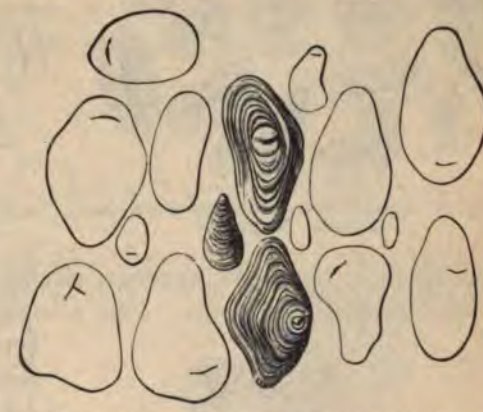


Fig. 35. Stärke von Maranta sp. (angeblich M. indica), Typus wie arundinacea, aber stark abgerundet, Längenmaximum 62 μ.

Thatsächlich sind die Stärkekörner von Maranta indica (Fig. 34) stets einfach, keulig mit seitlichen Ausbuchtungen, ausgebuchtet rhombisch und schildförmig; selten ist die Hammerform. Es sind die Typen der Arundinaceastärke in der Indicastärke gewissermassen verzerrt und vergrössert nachgeahmt. Kernspalten kommen nicht vor. Masse 43—68 μ (Längenmaximum).

Eine andere, wahrscheinlich die von v. Höhnel[2]) als westindisches Arrowroot beschriebene Art (Fig. 35) besitzt breit eirundliche, rundlich rhombische, rundlich keulige, selbst muschelförmige Körner mit Kernspalte. Masse 37—62 μ. Während diese Art einen mehr runden, die echte Indica einen buchtig-eckigen Umriss hat, steht die käufliche Arundinacea so ziemlich in der Mitte.

Leguminosenstärke.

Die Stärke der Hülsenfruchtsamen[3]), von denen insbesondere Bohnen (Fisolen), Erbsen und Linsen hervorzuheben sind, ist sehr ein-

[1]) Rohstoffe des Pflanzenreiches, S. 271.

[2]) Die Stärke und die Mahlproducte, Cassel 1882, S. 31.

[3]) v. Höhnel, l. c. S. 30. — A. v. Vogl, Die wichtigsten vegetab. Nahrungs- und Genussmittel 1899, S. 160 u. 163. — Tschirch-Oesterle, Atlas etc., S. 212 und Tafel 20. — J. Moeller, Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel, S. 190.

heitlich gebaut und es ist daher schwierig, die einzelnen Arten zu unterscheiden und in der Regel wohl unmöglich, die Componenten eines Gemisches zu definiren. Die Stärkekörner der Phaseolusarten (Bohne, Fig. 36) sind im Typus bohnen- oder schmalnierenförmig, breit elliptisch

Fig. 36. Stärkekörner der Bohne (Phaseolus vulgaris). Vergr. 300.

Fig. 37. Stärkekörner der Linse. Vergr. 300.

und länglich; ausserdem kugelige, eirunde, rundlich-eiförmige und gerundet dreiseitige Formen. Fast alle mit deutlicher, mitunter stark hervortretender Schichtung, meistens mit einer lufterfüllten, daher schwarzen, spaltförmigen, rissigen Kernhöhle; radiale Streifung selten. Grösse 24—57 μ, häufig 27—33 μ.

Fig. 38. Stärkekörner der Gartenerbse. Vergr. 300.

Die Linsenstärkekörner (Fig. 37) haben im Typus die Gestalt der Kaffeebohne mit einem (gleich der Kaffeebohnenrinne) längs verlaufenden einfachen Spalt, also breit eiförmig, eirundlich bis kugelig; daneben nierenförmige, gebuchtete Körner. Grössen: 9—45 μ, häufig 20—40 μ. Schichtung meist undeutlich, nur sehr zart angedeutet, an vielen Körnern gar nicht zu beobachten.

Die Stärke der Gartenerbse (Fig. 38) ist besonders charakterisirt durch die rundlichen, wulstig aufgetriebenen, höckerigen, gebuckelten herz- und nierenförmigen Körner; an manchen kann man den Umriss (als Linie betrachtet) in Kreisstücke mit verschieden

grossen Halbmessern zerlegen. Daneben Formen, wie sie in der Bohne vorkommen. Kernspalte einfach oder verästelt, rissig, auch ganz unregelmässig, mitunter noch ein langgestreckter Kern zu beobachten. Schichtung fast immer deutlich, radiale Streifung häufig. Grössen: 20—62 μ, häufig 35—47 μ. Sehr ähnlich, aber kleiner ist die Wickenstärke.

Das Inulin.

Manche Pflanzen produciren an Stelle der Stärke als Reservenährstoff einen im Zellsafte stets nur gelöst vorkommenden Körper,

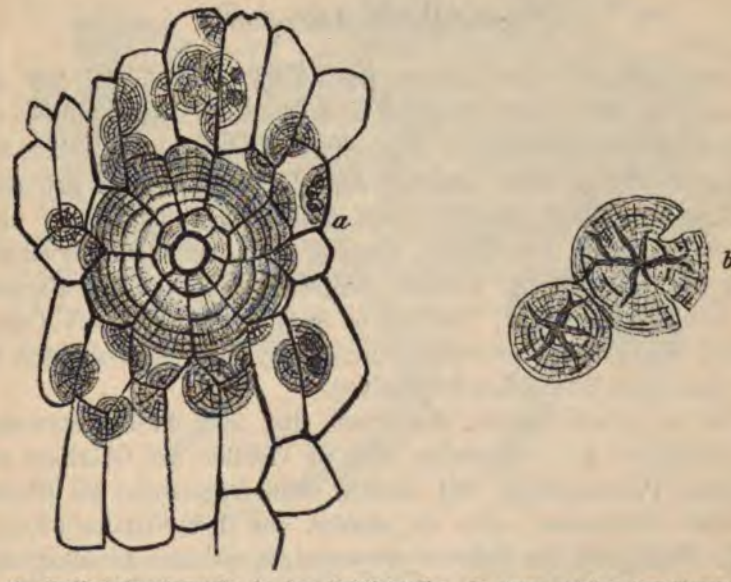


Fig. 39. Inulin-Sphärokrystalle in dem Dahliaknollen (b etwas stärker vergrössert als a) nach Behandlung mit Salzsäure. (Rees).

der zuerst in der Wurzel des Alants (Inula Helenium) beobachtet[1]) und nach dieser Pflanze Inulin genannt worden ist. Dieses Kohlehydrat findet sich hauptsächlich in den unterirdischen Pflanzentheilen der ausdauernden Compositen, z. B. in den Georginenknollen, in der Löwenzahn- und Cichorienwurzel, in den Topinambur (Knollen von Helianthus tuberosus), aber auch in den Wurzeln und Blättern verschiedener Campanulaceen. Werden diese Pflanzentheile getrocknet, so scheidet sich das Inulin in amorphen, scholligen, glasigen Massen aus; werden hingegen die frischen inulinhaltigen Organe in

[1]) Von Valentin Rose, 1804.

starken Alkohol gelegt, in welchem das Inulin unlöslich ist, so tritt es in prächtigen Aggregaten von Sphärokrystallen (Sphäroidkörpern, Fig. 39) auf, die viele Aehnlichkeit mit der Stärke[1]) besitzen, das Polarisationskreuz zeigen, sich in kaltem Wasser wenig oder nicht, in warmem Wasser (50°) aber schnell lösen. Mit verdünnten Mineralsäuren gekocht, geht Inulin in Zucker über[2]).

Zweites Capitel.

Vegetabilische Faserstoffe.

Die technisch verwendeten Faserstoffe entstammen den drei Naturreichen und werden demnach in mineralische, vegetabilische und thierische Fasern geschieden. Nur einige wenige sind künstlich hergestellte Producte, wenn man von den Metalldrähten und den Glas- und Kieselsäurefäden absieht. Das Mineralreich liefert nur einen einzigen Faserstoff, den Asbest, worunter man heute nicht die faserige Abart der Hornblende, sondern den Serpentinasbest, Chrysotil oder Leukotil, versteht, welcher in grössten Mengen von Canada geliefert wird. Die Unverbrennlichkeit der Faser gibt zugleich das beste und einfachste Erkennungsmittel.

Die vegetabilischen Faserstoffe sind nach ihrer Abstammung von zweifacher Art. Entweder sind sie Gebilde der Oberhaut verschiedener Pflanzentheile und werden dann insgesammt als Haare, Trichome, bezeichnet, oder sie werden aus dem Stamme (Stengel, Schaft, Halm) und den Blättern gewonnen, in welchen sie selbständige Bündel, die sog. mechanischen Begleiter, gewisser Stränge bilden und als Sklerenchymfasern, Bastfasern bezeichnet werden. In einzelnen Fällen sind es diese Stränge selbst, die sog. Gefäss-, Leitbündel, Fibrovasalstränge, welche den Faserrohstoff darstellen. Die wichtigste Eigenschaft, welche die Anwendung der Fasern zu Textilmaterialien ermöglicht, ist wohl zunächst eine genügende Zugfestigkeit; ferner müssen sie eine entsprechende Länge und, falls sie als Spinnstoffe Verwendung finden, Geschmeidigkeit, Feinheit, Dauerhaftigkeit besitzen, ausserdem sich aber leicht und in hinlänglicher Menge gewinnen lassen.

---

[1]) Vergl. die ähnlichen Bilder in Fig. 26 und 27.

[2]) Vergl. Prantl, Das Inulin, München 1870 und Tschirch, Angewandte Anatomie, Wien 1889, S. 115. — Daselbst auch die wichtigste Literatur.

Auch die Fasern thierischer Abstammung lassen sich in zwei sehr verschiedene Gruppen scheiden. Die die Körperbedeckung vieler Säugethiere bildenden Haare stellen die eine Gruppe dar, die Ausscheidungen mehrerer Schmetterlingsraupen und einer Muschelgattung werden als Seiden zu einer zweiten Gruppe vereinigt.

Die Methoden der mikroskopischen Untersuchung sollen an den wichtigsten Fasern im Einzelnen erläutert werden. Dass hiebei auch einige kurze Notizen über Abstammung und Verwendung beigefügt werden, soll hoffentlich unserer Arbeit nicht zum Schaden gereichen.

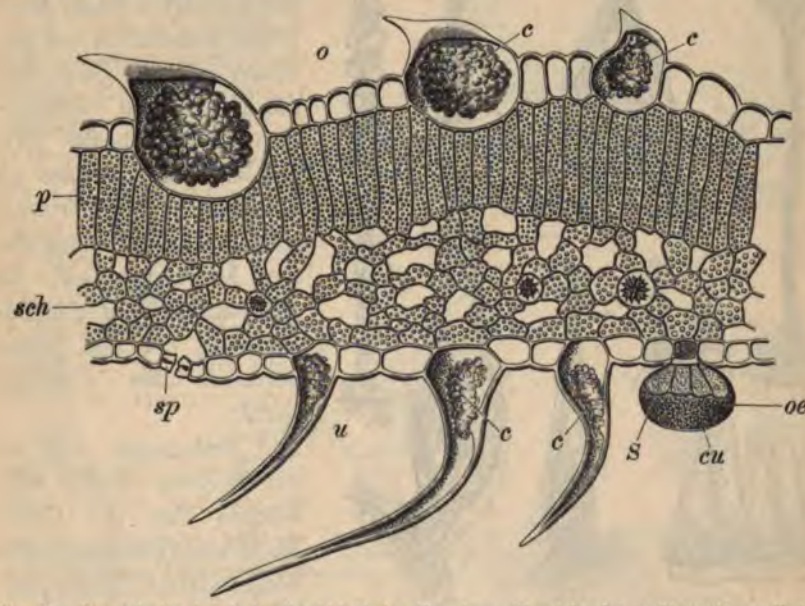


Fig. 40. Querschnitt durch das Laubblatt des Hanfes. (Tschirch.) o Oberseite, u Unterseite, p Palissadengewebe, schw Schwammparenchym, c Cystolithen, sp Spaltöffnung, oe Oeldrüsenhaar, s Secernirungszellen, cu Cuticula.

A. Haare (Trichome).

Die Zellen der Oberhaut der höheren Pflanzen haben sehr häufig die Fähigkeit, sich auszustülpen, d. h. ihr Wachsthum nach einer meist zur Oberhautfläche senkrechten Richtung länger andauern zu lassen als nach anderen Richtungen. Sie wandeln sich in Haare um. Es kann hiebei auch zur Bildung neuer Zellen kommen, so dass also nicht nur einzellige Haare (wie z. B. das Baumwollhaar), sondern mehr- und vielzellige sich entwickeln können; stets wird aber an dem Haare, als einem Abkömmling der Epidermis, ein charakteristischer Ueberzug der letzteren, die Cuticula, vorhanden sein

müssen. Unter Cuticula versteht man ein verkorktes, also für Luft und Wasser nicht durchlässiges, sehr zartes structurloses, nur in seltenen Fällen und bei besonderer Mächtigkeit Schichten zeigendes Häutchen, welches alle Epidermiszellen und deren Gebilde überzieht und häufig an der Aussenseite Streifungen, Falten und Körnchenbildungen etc. zeigt. Auch für die technisch verwendeten Haare hat die Cuticula insoferne eine besondere Bedeutung, als sie auf gewisse Eigenschaften dieser Rohstoffe, namentlich auf den Glanz und die Seidigkeit der Haare, den vornehmsten Einfluss ausübt. Wir werden erfahren, dass ein gewisser Verschönerungsprocess der Baumwolle, das Mercerisiren, im Wesentlichen auf der Beseitigung der den Glanz vermindernden Cuticula beruht.

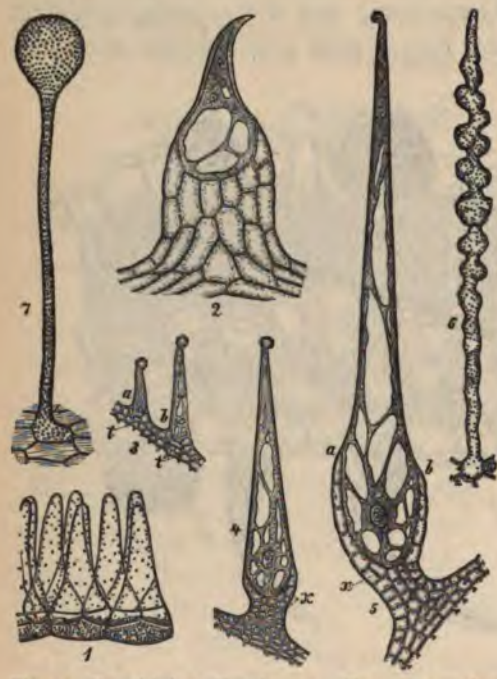


Fig. 41. Verschiedene Haarformen. (Kny.) 1 aus dem Schlund der Blumenkrone von Primula chinesis, 2 vom Stengel der Färberröthe, 3—5 Brennhaare der Brennessel, 6 Haar aus der Blüthe von Viola altaica, 7 desgleichen von Antirrhinum (Löwenmaul).

Betheiligen sich an der Bildung solcher Auswüchse über die Oberfläche eines Pflanzentheiles noch andere nicht der Epidermis angehörige Zellen, so entstehen die sog. Emergenzen, z. B. die Stacheln der Rose.

Gestalt, Ausbildung und physiologische Aufgabe der Haare sind ausserordentlich verschieden, für bestimmte Pflanzenorgane und auch für viele Pflanzenfamilien jedoch charakteristisch und von specifischer Bedeutung.

An dem Querschnitte des Hanflaubblattes (Fig. 40) finden wir einzelne Zellen der Epidermen beider Seiten zu einzelligen Haaren umgewandelt. Dieselben sind noch dadurch besonders merkwürdig, dass in ihnen Calciumcarbonat (in einer aus Cellulose gebildeten Grundsubstanz) in Gestalt von traubigen, oberflächlich grobwarzigen Körpern

eingelagert ist. Man nennt diese Körper Cystolithen. Im Blatte von Ficusarten sind sie gestielt.

Ferner sehen wir am Hanfblatte ein Oeldrüsenhaar (Fig. 40, oe). Die Drüsenhaare sind sehr verschieden organisirt und scheiden ätherische Oele, Harze, Gummischleim oder Verdauungssäfte ab. Meistens sind sie mehrzellig und bestehen aus Fuss- und Secernirungszellen. Das Secret hebt die über diesen Zellen befindliche

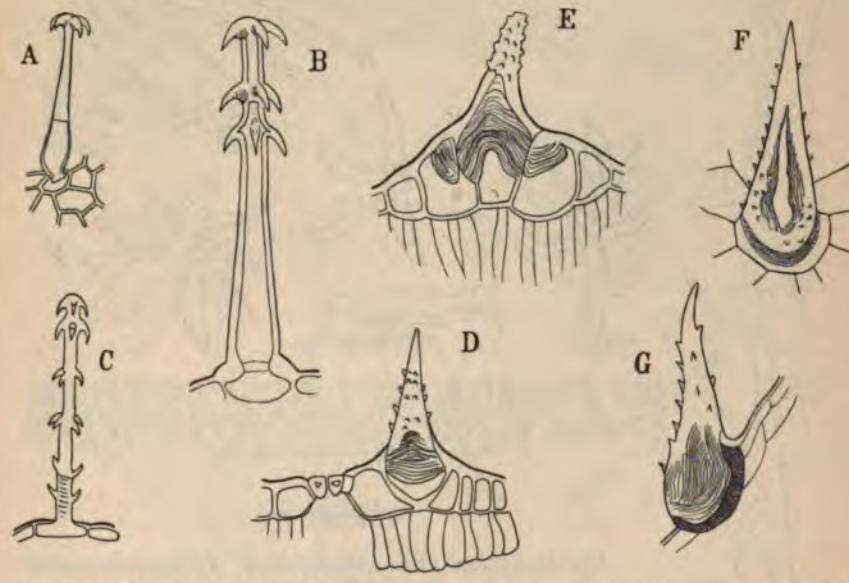


Fig. 42. Behaarung der Loaseae. (Solereder.) A—C einzellige Ankerhaare: A—B Eucnide lobata Gray; C Cajophora lateritia Klotzsch. — D—E Petalonix Thurberi Gray: D Cystolithenhaar; E Trichom mit lediglich verkalkter, aber stark verdickter Wandung, ohne Cystolith, aber mit Cystolithen in den Nebenzellen. — F—G Loasa chelidonifolia Bth.; F dem Blatte angedrücktes Cystolithenhaar in der Rückenansicht; G in der Seitenansicht.

Cuticula ab und bleibt in dem so geschaffenen Raume deponirt (Fig. 40, oe, cu).

In Fig. 41 sind nebst Papillen, Köpfchen- und Warzenhaaren auch die sog. Brennhaare (3—5) unserer Brennessel in ihrer Entwicklung abgebildet. Das fertige Haar besitzt einen Inhalt von lebendem (strömendem) Protoplasma und ist an der Spitze hakig umgebogen.

Viele Pflanzenfamilien sind durch eigenthümlich gebaute Trichomgebilde ausgezeichnet und durch dieselben charakterisirt. Beispiele hiefür liefern die Fig. 42—44.

So häufig also auch im Pflanzenreiche Trichombildungen auf-

treten, für die technische Verwendung eignen sich nur sehr wenige derselben und nur eine einzige Pflanzengattung, Gossypium, liefert eine ausgezeichnet verspinnbare Faser, die Baumwolle. Bevor wir jedoch die Mikroskopie derselben behandeln, wollen wir in Kürze uns über die Eigenschaften der die Zellwände zusammensetzenden Stoffe, insbesondere über die Cellulose, informiren.

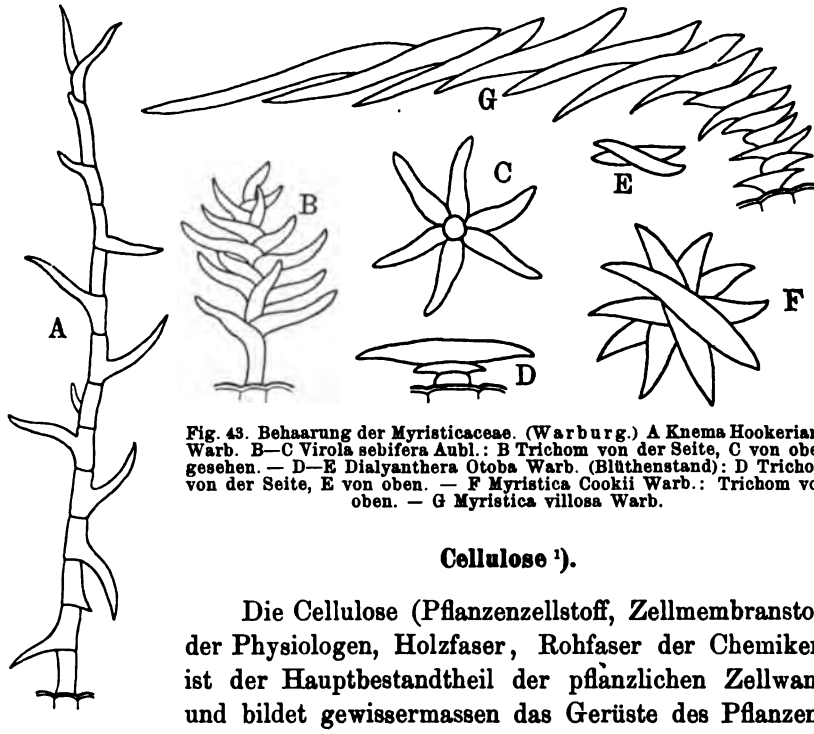


Fig. 43. Behaarung der Myristicaceae. (Warburg.) A Knema Hookeriana Warb. B—C Virola sebifera Aubl.: B Trichom von der Seite, C von oben gesehen. — D—E Dialyanthera Otoba Warb. (Blüthenstand): D Trichom von der Seite, E von oben. — F Myristica Cookii Warb.: Trichom von oben. — G Myristica villosa Warb.

Cellulose [1]).

Die Cellulose (Pflanzenzellstoff, Zellmembranstoff der Physiologen, Holzfaser, Rohfaser der Chemiker) ist der Hauptbestandtheil der pflanzlichen Zellwand und bildet gewissermassen das Gerüste des Pflanzenkörpers; ausserdem lässt sich noch eine sog. Reservecellulose unterscheiden, welche meistens verschieden mächtige Verdickungsschichten der Zellwand bildet und im Gewebe vieler Palmensamen (Arecanuss, vegetabilisches Elfenbein, Dattelkern), der Kaffeebohne, der Brechnuss beobachtet werden kann. Die Membranen der Pilzzellen sind hingegen von einer besonderen Modification, der Pilzcellulose, gebildet. Cellulose oder ein chemisch höchst nahestehender Körper ist auch im Thierreich (Mantel der Tunicaten, im Ektoskelet der Arthropoden) gefunden worden.

---

[1]) Autor in Lueger's Lexikon der gesammten Technik, Band III, S. 14–19; daselbst auch zahlreiche Literaturangaben.

Für Cellulose ist die Formel $C_6H_{10}O_5$ (Payen) oder $C_{12}H_{20}O_{10}$ (Mitscherlich und Gerhardt), oder auch $(C_6H_{10}O_5)x$ (E. Schulze) aufgestellt worden; es ist aber sehr wahrscheinlich, dass die Zellwand (nach Wiesner, Schulze, Tschirch, Gilson) viel complicirter gebaut ist, als man früher angenommen hat. Selbst jugendliche Zellmembranen enthalten organische Beimengungen oder sind von einem Veränderungs-

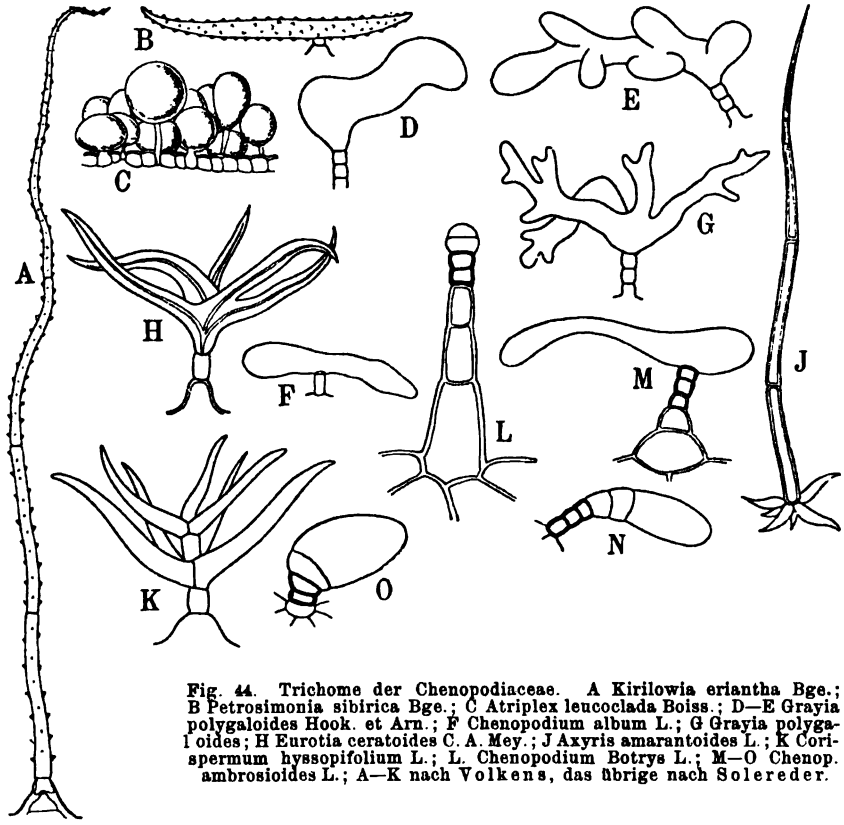


Fig. 44. Trichome der Chenopodiaceae. A Kirilowia eriantha Bge.; B Petrosimonia sibirica Bge.; C Atriplex leucoclada Boiss.; D—E Grayia polygaloides Hook. et Arn.; F Chenopodium album L.; G Grayia polygaloides; H Eurotia ceratoides C. A. Mey.; J Axyris amarantoides L.; K Corispermum hyssopifolium L.; L. Chenopodium Botrys L.; M—O Chenop. ambrosioides L.; A—K nach Volkens, das übrige nach Solereder.

product der Cellulose gebildet; in älteren sind neben organischen auch anorganische Einlagerungen vorhanden, und ausser der typischen Cellulose, die sich direct bei der Hydrolyse in Traubenzucker überführen lässt, wurden sog. Hemicellulosen nachgewiesen, deren Umwandlungsproducte andere als die der Cellulose sind. Nach E. Schulze scheint die vegetabilische Zellmembran neben den Anhydriden des Traubenzuckers noch andere Substanzen zu enthalten, welche bei der Hydrolyse verschiedene Glykosen (Arabinose, Xylose, Galactose) ergeben.

Die typische Cellulose ist unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, Diastaselösung (im Gegensatz zu Reservecellulose, die nach J. Grüss, 1894, durch Diastase gelöst wird), in kalter verdünnter Kalilauge und in verdünnten Säuren. Durch Kupferoxydammoniak wird sie zu einer blassblauen gallertigen Masse gelöst, aus der sie durch Säuren als ein farbloser, nach dem Trocknen hornigfester Niederschlag gewonnen werden kann; neuestens gelang es auch, aus der Celluloselösung Sphärokrystalle zu gewinnen (Gilson). Gelöst wird sie ferner durch concentrirte Schwefelsäure, durch eine Lösung von Zinkchlorid in Salzsäure, wobei aber die chemische Constitution zerstört wird. Zersetzungsproducte sind Dextrin, Zucker und Humuskörper. Jodlösungen färben die Cellulosemembran gelb, durch Zusatz von Schwefelsäure oder Phosphorsäure entsteht eine tiefblaue Färbung, die bekannteste Cellulosereaction; Jodjodkaliumlösung, in der sich nach längerer Zeit Jodwasserstoffsäure gebildet hat, ruft auch häufig die Blaufärbung hervor. Chlorzinkjod färbt Cellulose violett. Für die Färbetechnik ist das Verhalten der Cellulose gegen Farbstoffe wichtig: Diese werden fast gar nicht aufgenommen, und um Cellulosemembranen zu färben, „benützt man die Eigenschaft der Cellulose, durch mechanische Flächenattraction Salze der Thonerde, des Eisen-, Chrom- und Zinnoxyds, wenn dieselben schwache Säuren enthalten, aus den Lösungen auf sich niederzuschlagen, und bringt so vorbereitet (gebeizt) die Stoffe in die Farbstoffküpe. Es entstehen dann unlösliche Verbindungen der Farbstoffe mit den Metalloxyden zwischen den Micellen, bezw. Molecülen der Faser selbst“ (Tschirch). Mit kaustischen Alkalien (z. B. Natronlauge) behandelt und hierauf rasch mit Wasser und verdünnter Schwefelsäure ausgewaschen, wird die Cellulose besser färbbar; lässt man die Alkalien länger einwirken, so quillt die Cellulose zu einer durchscheinenden Masse auf, die, mit Schwefelkohlenstoff zusammengebracht, nach mehreren Stunden in Wasser löslich, schleimig-klebrig (viscos) wird und ein Thiocarbonat darstellt, das von Cross und Bevan Viscoid genannt worden ist; durch Kochsalz coagulirt, auf 100° erhitzt, scheidet sich Cellulose wieder in unlöslicher Form aus; in dieser Form eignet sie sich besonders zur Füllung baumwollener, leinener Stoffe und des Papieres, und kann mineralische Füllstoffe ersetzen; sie lässt sich auch in eine hornartige, feste, schneid- und färbbare Masse überführen, aus welcher verschiedene Gegenstände, unzerbrechliche Gefässe u. s. w. verfertigt werden können.

Mit sehr schwacher Natronlauge behandelt, entsteht aus der

Zellmembran Metarabinsäure; concentrirte Schwefelsäure löst die Cellulose und wandelt sie zunächst in Hydrocellulose oder Amyloid um, welches direct von Jod blau gefärbt wird und den Hauptbestandtheil des vegetabilischen Pergaments ausmacht. Lässt man auf Cellulose kochende Salpetersäure einwirken, so entsteht durch Aufnahme von Sauerstoff Oxycellulose $C_{18}H_{26}O_{16}$; von besonderer Wichtigkeit für die Technik ist die Einwirkung von rauchender Salpetersäure oder einem Gemisch von concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure auf Cellulose; die auf diese Weise erhaltenen Producte, gewöhnlich Nitrocellulosen [1]) genannt, sind Di- und Trinitrate unter dem Namen Collodiumwolle, Schiessbaumwolle (Pyroxylin), künstliche Seide bekannt; die in Aetheralkohol löslichen Producte bilden das Collodium. Wird Cellulose mit Kaliumhydrat zusammengeschmolzen, so erhält man Kaliumoxalat. Auch durch dauernde Einwirkung von Chlor und Chlorkalk oder dem Schulzeschen Gemische ($HNO_3 + KClO_3$) entstehen Oxalsäureverbindungen, worauf sich die übliche Methode der Oxalsäurefabrication gründet.

Dass die Cellulose, wie sie die Zellmembran zusammensetzt, kein einheitlicher Körper ist, zeigt schon die mikroskopische Betrachtung nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak (mitunter auch bei Anwendung von Jod und Schwefelsäure). An vielen Fasern, die wesentlich aus Cellulose bestehen, z. B. an der Ramié, an den Apocynumfasern, selbst am Baumwollhaare, können verschiedengefärbte und nach ihrem Löslichkeitsgrade verschieden sich verhaltende Schichten unterschieden werden [2]). Für die industrielle Verwendbarkeit haben diese Erscheinungen wohl weniger Bedeutung, wohl aber sind jene Veränderungen, welche die Cellulose durch Einlagerungen anderer Substanzen erfährt, auch technisch von grosser Wichtigkeit. Solche Einlagerungen können durch anorganische Materien verursacht werden, z. B. durch die Kieselsäure. Die Diatomaceen (Kieselalgen oder Stückeltange) besitzen einen Kieselsäurepanzer, der nach Zerstörung aller organischen Substanzen unverändert zurückbleibt und bei der ungeheueren Vermehrung dieser Pflanzen in gewaltigen Massen als höchst feiner Sand sich anhäufen kann. Die Verwendung desselben als Kieselguhr oder fälschlich „Infusorienerde“ zu Dynamit, als Putz- und Polirmittel (Tripel), als feuersicheres Einschlussmittel und

[1]) Nach Wolffenstein (Chem. Ztg. 1899, S. 847) richtiger Nitrohydrocellulosen.

[2]) Mikosch, Ber. d. Deut. Bot. Gesellsch. 1891, Band 11, S. 306—312 und Autor, ibidem, 1892, Band 12, S. 1.

als Mörtel ist bekannt. Noch häufiger kommen aber die organischen Incrustationen vor, welche die sog. verholzte oder verkorkte Zellmembran erzeugen. Die verholzte Membran färbt sich in Jod und Schwefelsäure gelb oder braun, in Kupferoxydammoniak tritt keine Lösung ein; dünne verholzte Lamellen verfallen an der Luft sehr leicht einem Humificationsprocess, sie haben durch die Verholzung an Härte, in der Regel aber nicht an Festigkeit und nicht an Dauerhaftigkeit gewonnen. Zum Nachweis der Verholzung bedient man sich des schwefelsauren Anilins, welches gelb, des Phloroglucins und der Salzsäure, welche rothviolett färben und noch verschiedener anderer Reagentien. Wir werden später noch Gelegenheit haben, über die Holzsubstanz oder Lignin und über die Verkorkung Näheres zu erfahren. Ebenso wird die technische Cellulose, d. i. die aus Holz mittelst chemischer und physikalischer Processe gewonnene und als Papierstoff verwendete Cellulose in dem dem Papier gewidmeten Abschnitte ausführlicher besprochen werden.

Baumwolle.

Die Samenwolle mehrerer Arten der Malvaceengattung Gossypium[1]) wird als Baumwolle versponnen. Betrachtet man die Samen-

[1]) Die zahlreichen Culturformen lassen sich in drei Arten zusammenfassen (vergl. K. Schumann in Engler und Prantl, Pflanzenfamilien III, 6, S. 51—52). I. Gossypium barbadense L., mit Samen ohne Grundwolle, daher nach Entfernung der langen Wollhaare die Samen nackt erscheinen; einheimisch auf den Antillen (San Salvador, Bahama, Barbados, Guadeloupe); wird im Süden Nordamerikas, in Mittelamerika, Brasilien, Peru, Nordafrika und Queensland cultivirt und liefert die besten Handelssorten, wie Sea Island, Barbados- und New-Orleans-Cotton. — II. Gossypium arboreum L., Samen mit Grundwolle, d. h. zwischen den langen Samenhaaren ein dichter kurzhaariger Filz vorhanden; die Wolle lässt sich schwer vom Samen abtrennen. Einheimisch in Afrika (Togogebiet), cultivirt in Abessinien, Arabia felix, Aegypten, Indien, Ceylon. — III. Gossypium herbaceum L., seit mehr als 2000 Jahren in Ostindien und Arabien cultivirt, kam 1774 nach Nordamerika und wird in folgende Varietäten geschieden: a) G. religiosum L. (nach Parlatore eine amerikanische von Peru und den Antillen stammende Art), mit rein gelben Blüthen und Samen, deren Filz und Wolle gleichfärbig sind. Die gelbwollige Form liefert die bekannte Nankingwolle. — b) G. hirsutum L. (nach Parlatore in Mexiko und auf den Galapagosinseln einheimisch), cultivirt in Amerika, Cap verde, Canaren, Algier, Aegypten, Italien, Sicilien, Sardinien, Malta, Creta, China. — Filz der Samen grau oder grün, Wolle weiss. Der Monograph des Genus Gossypium, F. Parlatore, unterscheidet folgende sieben Arten: G. arboreum L., herbaceum L, Sandvicense Parl., Taitense Parl., hirsutum L., Barbadense L., religiosum L.; ausserdem noch acht dubiose Species (Le Specie dei Cotoni, Firenze 1866).

schale von Gossypium herbaceum [1]) von der Fläche und am Querschnitte, so findet man die Oberhaut (Fig. 45—46, a) von ziemlich grossen, dickwandigen, ausgezeichnet geschichteten, mit schwarzbraunem Inhalt versehenen Zellen gebildet, von denen zahlreiche zu Haaren (h) ausgewachsen sind. In der Flächenansicht (Fig. 45) fallen diese Zellen

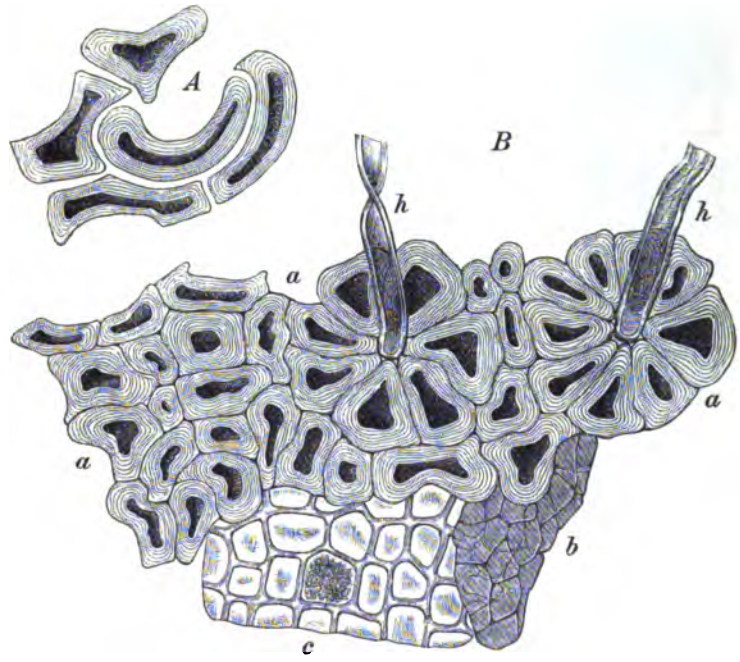


Fig. 45. Samenschale des Baumwollsamens in der Fläche. A lose Epidermiszellen, B Schalenstück, a Epidermis, h Haare, b Pigmentschicht, c farblose Schicht.

durch ihre ziemlich regelmässigen Contouren, die scharfe Schichtung und den tiefbraunen Inhalt auf; stellenweise liegen sie concentrisch um eine weit schmälere Haarzelle geordnet.

Zur Zeit der Reife springen die Baumwollkapseln auf und lassen einen Theil der Samenhaare in Gestalt eines dichten Schopfes oder Ballens mehr oder weniger weit hervortreten. Die Wolle wird mit den daran haftenden Samen herausgenommen, hierauf durch den Gin (Egrenir-, Entkörnungsmaschine) von letzteren befreit, nach Güte, Farbe und Reinheit sortirt und in Säcke aus Hanf, Jute oder Thier-

[1]) Autor in Zeitschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver. 1888, Nr. 35 u. 36.

häuten (Kleinasien, Brasilien) unter Zuhilfenahme von hydraulischen und Schraubenpressen verpackt. Die Güte der Baumwolle hängt vom Klima, Boden, Rasse, vom Reifestand und von der Sorgfalt, die bei der Gewinnung aufgewendet worden ist, ab [1]).

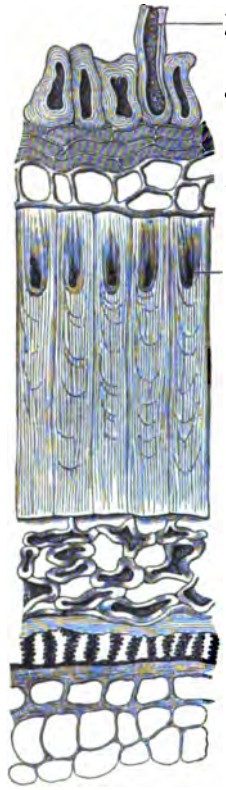


Fig. 46. Samenschale des Baumwollsamens im Querschnitt. a Epidermis mit Haar h, b Pigmentschicht, c farblose Schicht, d Palissadenschicht, e Schwammparenchym, sa Fransenzellen, ep und k Endosperm.

Zur mikroskopischen Untersuchung bedarf die Baumwollfaser [2]) zunächst keiner weiteren Präparation; man bringt eine kleine Flocke auf den Objectträger, fügt einen Tropfen Wasser hinzu, breitet die Haare ein wenig aus und legt das Deckgläschen darüber; das Haar erscheint schon bei schwacher Vergrösserung als ein zartes, farbloses Band, das häufig stellenweise, seltener in seiner ganzen Länge korkzieherartig gedreht ist; mitunter erscheint diese Drehung auch unregelmässig. Je regelmässiger und vollkommener diese Windungen auftreten, desto besser ist die Baumwollsorte. Da keine andere technisch verwendete Faser, insbesondere keine Bastfaser eine derartige Drehung zeigt, so wird man bei Feststellung dieser Drehung mit grösster Sicherheit allzeit auf Baumwolle schliessen können.

Die Baumwollfaser ist ein einzelliges Haar, das einen etwas unregelmässigen Kegel vorstellt, da dessen grösste Breite nicht mit der Basis zusammenfällt, sondern, von der Spitze aus gerechnet, meist hinter der Mitte zu liegen kommt (Wiesner); die Länge erreicht 5 cm, die Breite 40 μ.

Für die Güte der Baumwolle ist die Länge oder der sog. Stapel von grosser Bedeutung. Nach dem Stapel kann die Baumwolle in fünf Hauptsorten ge-

[1]) Heinrich Kuhn, Die Baumwolle, ihre Cultur, Structur und Verarbeitung, Wien, 1892 (mit zahlreichen Literaturangaben). — Semmler, Die tropische Agricultur, Wismar 1886, Band III, S. 481. — Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreichs, Leipzig 1873, S. 330.

[2]) Bowman, T. H., The Structure of the Cottonfibre in its relation to Technic. Applic. Manchester 2nd edit. 1882. — v. Höhnel, Die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe, Wien 1887, S. 24. — Autor in Realencyklopädie der Pharmacie, Band II, S. 174.

schieden werden: 1. Sea Island; 2. ägyptische; 3. brasilianische und peruanische; 4. nordamerikanische (ausgenommen Sea Island) und 5. ostindische Baumwolle (Surate).

Sea Island ist die vollkommenste und egalste Sorte; sie hat den kleinsten Querschnitt, einen seidenartigen Glanz und misst bis 54,5 mm. Die Fasern zeigen fast durchwegs die charakteristischen Windungen in regelmässiger Aufeinanderfolge und es scheint nicht unberechtigt zu sein, wenn man sagt, dass die Baumwolle um so besser ist, je grösser die Zahl der Windungen der Fasern ist[1]).

Die ägyptische Baumwolle gleicht der vorigen, enthält aber neben langen auch kurze Fasern (31—38 mm); die beste Sorte heisst Gallini.

Interessant ist, dass Garne von gleichen Nummern, aus amerikanischer und ägyptischer Baumwolle hergestellt, sich in der Feinheit verschieden verhalten; die aus ägyptischen Sorten hergestellten sind feiner. Letztere haben schmälere Fasern und die grosse Geschmeidigkeit derselben gestattet ein enges Aneinanderschliessen der Fasern im Spinnprocess, wodurch das Garn dichter und widerstandsfähiger wird.

Die brasilianischen und peruanischen Sorten werden häufig anderen beigemischt. Ihr Stapel beträgt 29—30 mm.

Am häufigsten werden die nordamerikanischen Sorten (Texas, Mobile, Upland, Orleans) verwendet. Stapel 25,9 mm.

Die indischen Sorten haben einen geringen Stapel (Hinghenhaut 29,2 mm, Bengal 28 mm, Oomrawuttee 25,40 mm, Broach 21,4 mm); die Fasern sind in Bezug auf Feinheit sehr verschieden, neben feinsten finden sich die gröbsten. Auch die wenig sorgfältige Gewinnungsweise übt einen ungünstigen Einfluss auf die Qualität der indischen Baumwolle aus, die daher zu den geringstwerthigen zu zählen ist.

Bei stärkerer Vergrösserung (Fig. 47) unterscheidet man deutlich die Zellwand und ein breites Lumen; ausnahmsweise sind manche Haare so starkwandig, dass das Lumen schmäler als die Wanddicke erscheint (c). Dies ist besonders bei den feineren Sorten der Fall. Damit darf aber nicht die Seitenansicht eines breitlumigen Haares

---

[1]) Die Richtigkeit dieser Anschauung, die der Autor schon seit vielen Jahren vertreten hat, wird neuerdings von W. Herbig in Chemnitz bekräftigt. Vergl. dessen insbesondere technisch werthvollen Aufsatz „Beiträge zur Untersuchung der Vorgänge, welche beim Mercerisiren der Baumwolle stattfinden“ in Zeitschr. f. d. gesammte Textil-Industrie, Leipzig-Gohlis III, 1899—1900, Nr. 2, S. 17—19.

(z. B. a) verwechselt werden, an welcher ebenfalls das Lumen sehr enge erscheint, da das Haar mehr oder weniger plattgedrückt ist. Die Zellwand ist wie mit feinen Körnchen und Streifen überdeckt — besonders deutlich in der Trockenansicht oder bei Einlagerung in schwachem Ammoniak — welche dem zarten Ueberzug der Zellwand, der Cuticula, angehören. Wie alle Oberhautelemente, so besitzt auch das Baumwollhaar ein in Kupferoxydammoniak unlösliches, structurloses, höchst feines Häutchen über der Cellulosewand gelagert,

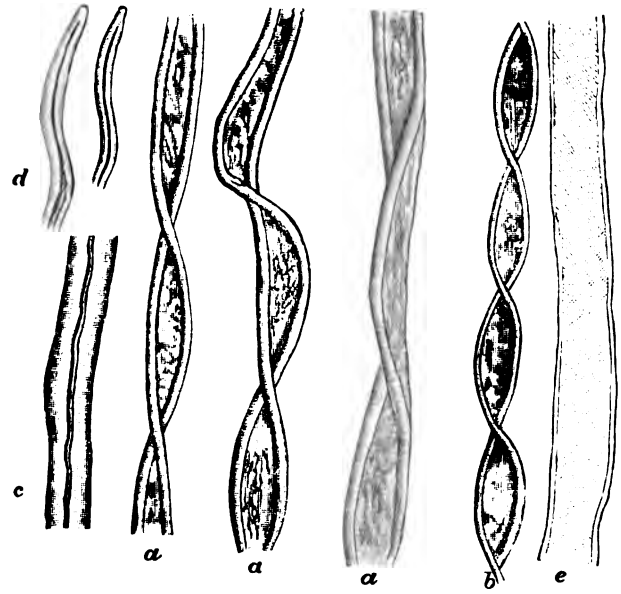


Fig. 47. Baumwolle. a Mittelstücke von reifen Haaren, b schwächeres Haar mit sehr regelmässiger Drehung, c sehr stark verdickte Partie eines Haares, d Endstücke, e todte Baumwolle.

das somit schon einen grundsätzlichen Unterschied dieser Faser von den Bastfasern schafft. Von der stärkeren oder schwächeren Entwicklung der Körnchen und Streifen an der Cuticula hängt auch die Seidigkeit, der Glanz und zum Theil wenigstens das Aufnahmevermögen für Farbstoffe bei künstlicher Färbung der Wolle ab. Die Zellwand, meist über ein Drittel vom Durchmesser der Zelle mächtig, besteht aus nahezu reiner Cellulose; nur die innerste Schicht, die den Rest des einstigen protoplasmatischen Inhaltes vorstellt, enthält Eiweisskörper.

Das Baumwollhaar hat nur eine natürliche Spitze; da es von der Samenschale abgerissen wurde, so ist es an diesem (unteren) Ende

offen. Die Spitze ist im Allgemeinen stumpf, mitunter abgerundet oder etwas verbreitert, meist sehr dickwandig.

Durch Jodlösung wird die Baumwolle gelblich gefärbt; setzt man verdünnte Schwefelsäure hinzu, so tritt eine tiefblaue Färbung auf, wobei die Fasern, je nach dem Concentrationsgrade der Schwefelsäure aufquellen und schliesslich zerfliessen. Es darf nicht concentrirte reine Schwefelsäure in Anwendung kommen, weil diese die Fasern

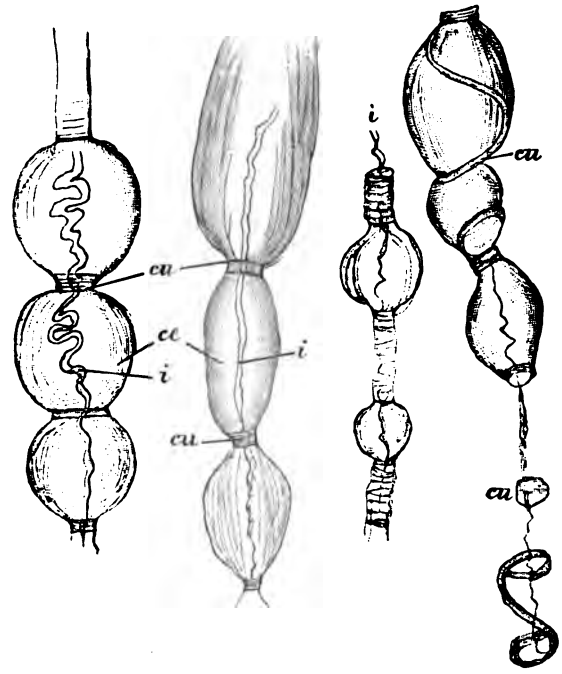


Fig. 48. Baumwolle in Kupferoxydammoniak; cu Cuticula, ce Cellulose tonnenförmig aufgequollen, in der Figur rechts schon zerflossen, während die Cuticula in Gestalt von Ringen (cu) zurückbleibt; i Innenschlauch.

schwarz machen, d. h. verkohlen würde. In Chlorzinkjod erscheint sie violett; schwefelsaures Anilin oder Phloroglucinsalzsäure rufen keine Einwirkung hervor, ein Beweis, dass die Faser gänzlich unverholzt ist. In concentrirter Salpetersäure erscheint jede (auch die natürlich gelb gefärbte) Faser farblos, die Zellmembranen quellen insbesondere nach innen, so dass das Lumen verkleinert wird, die Drehung wird zumeist aufgehoben und die Fasern strecken sich gerade. In Kupferoxydammoniak (Fig. 48) löst sich das Haar unter Bläuung, indem die äusseren Membranschichten tonnen- oder blasenförmig sich aufwölben,

während die Cuticula zumeist in Gestalt faltiger Ringe, kurzer Schläuche oder selbst spiralig laufender Bänder erhalten bleibt, was den Eindruck macht, als sei daselbst die Membran eingeschnürt; mitunter sieht man auch kleine Cuticularfetzen persistiren, wenn nämlich die Cuticula beim Aufquellen der Membran in unregelmässige Stücke zersprengt wurde. Die innerste Schicht der Zellmembran widersteht ebenfalls längere Zeit dem Reagens und erscheint als ein dünner, wegen der starken Contraction der Faser (welcher diese Schicht nicht zu folgen vermag) oft darmähnlich gewundener Schlauch; schliesslich bildet sie zarte gewundene Fäden und zerfliesst, so dass nur mehr die Cuticularringe (noch in ihrer ursprünglichen Lage) zurückbleiben. Hiezu ist aber zu bemerken, dass alle diese Lösungserscheinungen durch die verschiedene Concentration des Kupferoxydammons beträchtlich modificirt sein können und dass eine besonders starke, frisch bereitete Flüssigkeit das Haar fast plötzlich in eine formlose Masse umwandeln kann; auch verhalten sich verschiedene Baumwollsorten ungleich.

Auch in den besten Sorten findet man Haare, deren Aussehen der oben angegebenen Charakteristik nicht vollständig entspricht. Einen extremen Fall zeigt die Faser e rechts in Fig. 47; wir sehen ein flaches, sehr dünnes, niemals gedrehtes Band mit einer sehr zarten, häufig doppelten Streifung, die wulstige Seitenbegrenzung fehlt vollständig; ein solches Haar ist, bevor es seine Verdickungsschichten erhalten, abgestorben, und wird todte Baumwolle genannt. Sie findet sich in jeder Sorte vor, in der gröberen reichlicher als in der feinen, daher in ostindischer und Levantebaumwolle häufig, in Sea Island am seltensten. Eine zweite Qualitätsorte bilden die halbreifen Haare, an welchen die seitlichen Begrenzungen deutlich zu sehen, aber die Wände noch sehr dünn und durchsichtig sind; von diesen gibt es Uebergänge bis zur vollreifen Faser mit wulstiger, scharf abgeprägter Seitenbegrenzung. Besonders deutlich lässt sich diese Verschiedenheit an Querschnitten sehen. Man legt eine Flocke aus parallel liegenden Haaren in dicke Gummilösung und macht dann mit dem Rasirmesser, wenn das Gummi ziemlich trocken und fest geworden, feine Querschnitte. Dieselben sind, in Wasser und nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure untersucht, für die genaue Charakteristik und insbesondere zur Unterscheidung ähnlicher Fasern von grösster Wichtigkeit. Bei der Baumwolle sind sie vornehmlich geeignet, reife und unreife oder halbreife Sorten scharf aus einander zu halten. Die Querschnitte der Baumwolle (Fig. 49) sind stets einzeln (d. h. nicht

in Gruppen zusammenhängend), die Contouren elliptisch, eiförmig (niemals kreisförmig, niemals polygonal), nierenförmig, halbmondförmig, das Lumen meist dem Faserumriss entsprechend entwickelt; bei halbreifer Baumwolle der Querschnitt linealisch, oft winkelig eingezogen, das Lumen linienförmig. Nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure: Querschnitte zumeist breitelliptisch oder auch ganz unregelmässig aufgequollen, dabei das Lumen aber unverändert länglich, die Zellwand himmelblau, sehr häufig die äussere Hälfte derselben dunkler als die innere, die Cuticula nur sehr schwer als höchst feine gelbe Linie sichtbar, im Lumen gelbliche Massen.

Untersucht man aus Baumwolle erzeugte gut gebleichte Garne oder Garnfäden aus Geweben, so wird man häufig die Cuticula an den Haaren vermissen. Sie ist durch die technische oder chemische

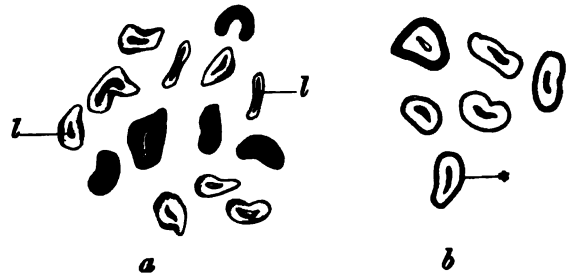


Fig. 49. Querschnitte von Baumwollfasern. a in Wasser, b nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. Vergr. 400. — l Lumen, der Doppelkontur bei b deutet den dunkelblauen Aussenrand, die starke Conturlinie bei * die gelbgefärbte Cuticula an. In a die schmalen Schnitte (bei l) von halbreifen Haaren.

Behandlung des Garnes beseitigt worden. Es wurde schon oben bemerkt, dass die Cuticula auf den Glanz und das seidige Aussehen der Baumwolle — nebst dem mehr oder minder starken Gedrehtsein — den grössten Einfluss ausübt. Es ist einleuchtend, dass eine Baumwolle, deren Fasern von der Cuticula befreit sind und nunmehr eine sehr gleichmässige, glatte Oberfläche besitzen, ausserdem gerade verlaufen, einen weit höheren, an Seide erinnernden Glanz haben muss. Im Jahre 1850 fand J. Mercer, dass die Baumwolle durch kurze Einwirkung von Aetzkali oder Aetznatron eine auffällige Veränderung erfährt. Ein in Aetznatronlösung getauchtes und mit Wasser und verdünnter Säure ausgewaschenes Baumwollgewebe erscheint durchscheinend, dichter, und lässt sich viel besser und dauerhafter färben. Zugleich erhält es einen eigenthümlichen matten („lederartigen") Glanz. In letzter Zeit ist es nun gelungen, dieses „Mercerisiren" genannte Verfahren so zu verbessern, dass Baumwoll-

garne und Baumwollgewebe in ihrem Aussehen sich den analogen aus Seide hergestellten Producten nähern. Die Erzeugung eines seideähnlichen Glanzes wird übrigens auch noch auf andere Weise, z. B. durch Behandlung mit einer Nitrocelluloselösung, durch Ueberziehen mit Lösungen von Seide u. s. w. zu erreichen gesucht.

Für den technischen Mikroskopiker bildet nun die Erkennung mercerisirter Baumwolle eine sehr wichtige und mitunter nicht so leichte Aufgabe. Es zeigt nämlich das mit Alkalien oder Säuren behandelte Baumwollhaar besondere Quellungserscheinungen sowie das zumeist gänzliche Fehlen der Cuticula. Dabei ist auch die Art der Application und die mechanische Behandlung von grossem Einflusse. Einen bleibenden seidigen Glanz, also ein der Seide höchst ähnliches Aussehen, erhält die Baumwolle erst dann, wenn ihr die Fähigkeit, bei der Mercerisirung zu schrumpfen, benommen ist. Dies ist aber nur möglich, wenn die Ware im gespannten Zustand mit Alkalien behandelt wird. Beim Mercerisiren quillt die Baumwolle stark auf und zeigt, wie Thomas und Prevost[1]) angeben, die Form eines vielfach gebogenen und gekrümmten Stabes mit rauher, runzeliger, faltenreicher und unregelmässiger Oberfläche und mehr oder weniger deutlichem Längsschlitz[2]). Der ovale bis runde Querschnitt besitzt einen radialen Schlitz und häufig eine Erweiterung dieses Schlitzes in der Mitte, welche auch wohl mit radialen Ausläufern versehen ist. Führt man den Mercerisirungsprocess unter Spannung aus, indem man entweder die Baumwolle in gespanntem Zustande mercerisirt, also am Einlaufen verhindert, oder die mercerisirte und eingelaufene Baumwolle nachträglich wieder ausreckt, so können zwei verschiedene Fälle eintreten: 1. Die Kraft, mit welcher die Baumwolle beim Mercerisiren zusammenschrumpft, ist eine geringe, das Ausrecken bezw. das Gespannterhalten der Baumwolle beim Mercerisiren lässt sich daher mit den in der Strang- und Stückfärberei zu gleichen Zwecken üblichen Maschinen leicht ausführen. Die ausgereckte mercerisirte Baumwolle besitzt dann genau den gleichen matten, lederartigen Glanz, wie die lose mercerisirte Baumwolle, ebenso ist die mikroskopische Structur der einzelnen Fasern dieselbe, wie diejenige der lose mercerisirten Baumwolle. 2. Die Schrumpfkraft der Baumwolle

[1]) Fischer, Jahresber. ü. d. Leist. d. chem. Technologie 1898, 9. Jahrgang, Leipzig 1899, S. 995. Mit Abbildungen. — Vergl. auch Eduard Hanausek in Dingl. Polyt. Journ. 1898, 310, 10.

[2]) Darunter ist das durch das Quellen der Zellwand verkleinerte Lumen gemeint.

beim Mercerisiren ist bedeutend und lässt sich durch Anwendung einer Streckkraft, wie sie bisher mit den zu gleichen Zwecken in der Strang- und Stückfärberei üblichen Maschinen bei normalem Gebrauche erzielt worden ist, nicht überwinden. Bei Anwendung einer erheblich stärkeren Streckkraft nimmt dann die einzelne Baumwollfaser unter Aenderung der mikroskopischen Structur eine ganz neue überraschende Eigenschaft an, einen prachtvollen, bleibenden seidenartigen Glanz. Unter dem Mikroskop betrachtet zeigt die Faser die Form eines scharf gestreckten straffen, geraden dünnen Stabes mit glatter regelmässiger Oberfläche und einem zeitweilig verschwindenden Hohlraum, so dass die Faser das Aussehen eines glatten Rohres erhält. Am Querschnitt erscheint dann die Faser rund, mit einer mehr oder weniger deutlich runden, centralen Oeffnung, der Schlitz ist nicht mehr sichtbar. — Zur Erklärung dieses verschiedenen Verhaltens ist anzugeben, dass der erste Fall bei der kurzstapeligen, lose gesponnenen, lose oder nicht gezwirnten Baumwolle, also bei einer Baumwolle eintritt, deren Fasern leicht in ihrer Längsrichtung verschiebbar sind. Beim Mercerisiren unter Spannung gleiten nun die Fasern an einander vorbei, ohne dass eine thatsächliche Spannung stattfindet. Im zweiten Falle ist es eine langstapelige, fest gesponnene, fest gezwirnte Baumwolle, also eine Faser, die in der Längsrichtung schwer verschiebbar ist; die Fasern werden selbst gedehnt und gespannt und erhalten eine vollkommen glatte, und daher glänzende Oberfläche [1]).

Wie uns nun die Bilder a—e in Fig. 50 lehren, entspricht die oben mitgetheilte Beschreibung der mercerisirten Baumwolle der Thatsache; das Baumwollhaar gleicht einem ziemlich geraden, runden, scheinbar massiven, glatten Stabe, das Lumen ist entweder in seiner ganzen Länge sichtbar (a), erscheint aber verschieden breit, meist wie zu einem Faden reducirt, oder es ist nur in kleinen Strecken deutlich (b, c), so dass das Haar mit einer Strichelreihe versehen zu sein scheint. Die Breite beträgt 20—35 μ. An einzelnen Haaren nimmt man Eindrücke und Buckel — die von der ehemaligen Faltung und Drehung herrühren dürften — wahr (c), und endlich findet man auch Haare, die scheinbar gänzlich lumenlos sind. Diese machen den Eindruck, als ob man es mit einem Drüsenfaden der Seide zu thun hätte. Sobald man aber Kupferoxydammon darauf einwirken lässt, wird sofort das Lumen hervortreten.

[1]) Vergl. auch A. Fränkel und P. Friedländer, Untersuchungen über Seidenbaumwolle in Mittheilungen des k. k. Technol. Gewerbe-Museums in Wien, 1898, VIII, S. 326.

Und jetzt wird auch der grosse Unterschied, der zwischen unveränderter und mercerisirter Baumwolle herrscht, klar. Das mercerisirte Haar quillt in dem Lösungsmittel ganz gleichmässig auf, ohne Tonnen oder Kugeln zu bilden (Fig. 50, d), und eine darmartige oder faltige Einrollung des Innenschlauches findet nicht statt, weil auch keine Verkürzung der Längenausdehnung des Haares eingetreten ist. Die erstangeführte Erscheinung beruht darauf, dass dem Haare die (in Kupferoxydammon unlösliche) Cuticula fehlt; nur an einzelnen, offenbar von dem Mercerisirungsprocess nicht oder nur wenig angegriffenen Fasern findet man noch die Cuticula. Mitunter zeigt der Innenschlauch sich ziemlich regelmässig erweitert und verengert, so dass er in der Flächenansicht einer Reihe aufeinanderfolgender rhombischer Figuren gleicht. (Fig. 50, e). Der Querschnitt des mercerisirten Haares ist nahezu kreisrund. Als Inhalt sieht man meistens Häufchen winziger Körner. Die wichtigsten Kennzeichen der mercerisirten Baumwolle sind also: das cylindrische glatte Aussehen; die grosse Ungleichheit der Lumenweite, wenn das Lumen in toto deutlich sichtbar ist; die Strichelreihe an jenen Haaren, an welchen das Lumen nur stellenweise sichtbar ist, das Fehlen der Cuticula, das gleichmässige Aufquellen in Kupferoxydammoniak und der fast kreisrunde Querschnitt.

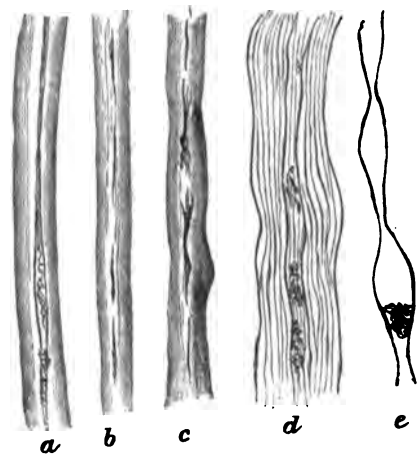


Fig. 50. Mercerisirte Baumwolle. a, b, c in Wasser, d in Kupferoxydammoniak, e Contour des Lumens in Cuoxam mit abwechselnder Erweiterung und Verengerung.

Durch die Mercerisirung ist es in der That gelungen, das Aussehen der Baumwolle in ausserordentlicher Weise zu verschönern und dem der Seide nahezubringen; da auch dadurch die Färbbarkeit derselben bedeutend erhöht wird, so muss dieses Verfahren als ein bedeutender Fortschritt in der Veredlung dieser Textilware angesehen werden. Es ist aber noch nichts darüber bekannt geworden, welchen Einfluss dieser Process auf die Dauerhaftigkeit der Ware ausübt, und es erscheint wohl naheliegend, anzunehmen, dass die Anwendung kaustischer Agentien die mechanischen Eigenschaften der Baumwolle verändert.

Pflanzendunen [1]).

Als Pflanzendunen, Bombaxwolle, Ceibawolle, Edredon végétal, Kapok (Sundainseln), Paina limpa (Brasilien), Patte de lièvre, Ouate végétale bezeichnet man die Fruchthaare verschiedener den Bombacaceen angehöriger Pflanzen, die, wenn auch von schönem Aussehen und seidigem Glanz, doch ihrer sehr geringen Festigkeit und Dauer-

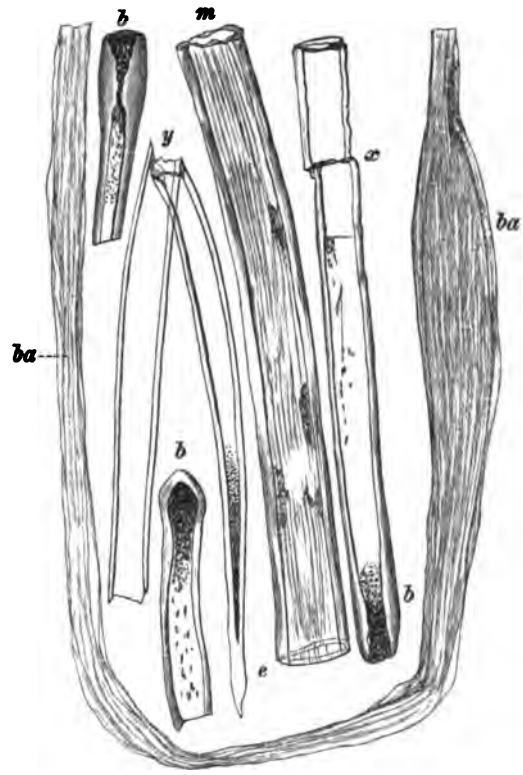


Fig. 51. Pflanzendunen von Ochroma lagopus Sw. m Mittelstück, b Basisstücke, e Spitze; bei x und y Bruchstellen, ba ein dünnes flaches und eingefaltetes Haar.

haftigkeit halber weit unter der Baumwolle stehen und für die Textilindustrie nahezu nutzlos sind. Die meisten Pflanzendunen sind zum Verspinnen nicht geeignet, nur die Haare von Bombax heptaphyllum L. sollen nach Grothe, meist mit Baumwolle gemengt, ein taugliches Garn geben.

Die Samen findet man in dicke Wollballen eingehüllt, sie selbst

[1]) v. Höhnel, Mikroskopie etc. S. 28. — Autor, Realencyklopädie, Band VIII, S. 63—65.

besitzen aber keine Haardecke. Die Wolle nimmt ihren Ursprung von der inneren Fruchtwand oder aus den Scheidewänden der Kapseln.

Alle Pflanzendunen sind einzellige, konische Haare, verholzt, mit einer starken Cuticula versehen, gewöhnlich rund im Querschnitt (nicht wie die Baumwolle abgeflacht und auch nicht gedreht), mit Ausnahme der dunkelbraunen Wolle von Ochroma lagopus Sw. (Antillen, Südamerika) gelblichweiss bis bräunlich, 1—3 cm lang, meist 20—37 μ, im Maximum 54 μ breit, an der Basis angeschwollen oder zusammengeschnürt. Die Haare von Bombaxarten (Bombax Ceiba L., B. malabaricum DC.) sind an der Basis durch eine feine netzförmige Verdickung ausgezeichnet, der übrige Theil der Wand ist glatt, sehr dünn und nur an den Enden etwas stärker.

Sehr verbreitet ist auch die Wolle des gewöhnlichen Baumwollenbaumes, Ceiba pentandra Gärtn. (= Eriodendron anfractuosum DC.).

Die tiefbraune Wolle von Ochroma lagopus Sw. (Fig. 51) besitzt mässig dicke Haare (Dicke der Wand 6—7 μ bei einer Haarbreite von 30—40 μ), welche „splitterig" brechen (vgl. Fig. 51 bei y) oder sich beim Brechen verschieben (x), an der Basis und auch an den Enden krümeligen Inhalt besitzen (b und e), im Uebrigen aber leer sind. Die Basis ist sehr dickwandig (b) und dunkelbraun, das Ende spitz und ebenfalls dickwandig. Neben diesen im Mikroskop deutlich gelb gefärbten Haaren finden sich noch nahezu farblose, plattgedrückte, häufig gefaltete und vielfältige gebogene, undeutlich contourirte Haare, die von den typischen stark abweichen; sie sind an der Oberfläche fein gestreift. Die typischen Haare haben eine Breite von 25—54 μ, am häufigsten 30—37 μ.

Pflanzendunen dienen meist als Polster- und Stopfmaterial.

Pflanzenseiden [1]).

Die Samenhaare verschiedener zu den Apocynaceen und Asclepiadaceen gehörigen Pflanzen, deren gemeinsame Merkmale in dem seideähnlichen Aussehen, dem ausgezeichneten Glanz und der weissen, gelblichen oder röthlichen Farbe gelegen sind, werden in der Praxis als Pflanzenseiden bezeichnet. So schön diese Fasern auch aussehen, so wenig brauchbar erweisen sie sich als Textilstoffe, von einem Ersatze der echten Seide gänzlich zu geschweigen. Irgend eine Festigkeit fehlt ihnen fast vollständig, sie sind stark verholzt, steif,

[1]) v. Höhnel, l. c. 30. — Autor in Realencyklopädie, Band VIII, S. 84.

brüchig, und die vielen Versuche, die man mit einigen derselben angestellt, um ihre Verwendbarkeit zu ermöglichen, sind grösstentheils unglücklich ausgefallen. Eine anatomische Eigenthümlichkeit scheint allen Pflanzenseiden zuzukommen. v. Höhnel (1884) hat gefunden, dass „die Wandung immer 2—5 oft sehr auffallende, oft kaum bemerkliche, der Länge nach verlaufende, im Querschnitte halbkreisförmige bis ganz flache und dabei breite Verdickungsleisten" aufweisen. Diese Verdickungen sind auch die Ursache der in der Längsansicht wahrnehmbaren, nicht scharf abgesetzten Streifung und zugleich das Kennzeichen, durch welches sich die Pflanzenseiden von den Pflanzenwollen unterscheiden.

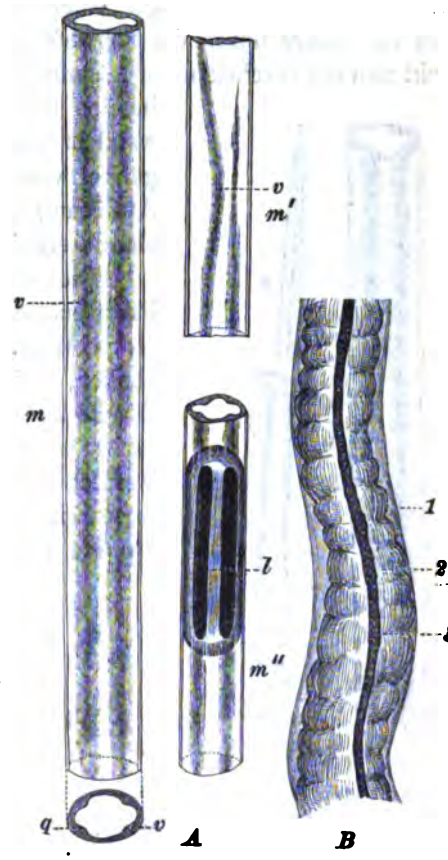


Fig. 52. Pflanzenseide von Calotropis gigantea. A in Wasser, m Mittelstück mit gerader Verdickungsleiste v, m' mit einer schiefen Leiste, m'' mit einer Luftblase l; q Querschnitt. — B in Jod und starker Schwefelsäure, 1 gelber Mantel, 2 wellenförmig gebuchtete grünliche oder blassblaue Schicht, 3 Innenschlauch.

Die Pflanzenseide von Calotropis gigantea R. Br.[1]) (Fig. 52) besteht aus dünnwandigen, farblosen, an der Basis getüpfelten Haaren, deren Breite in der Mitte etwa 44—47 μ beträgt. Die Verdickungsleisten (Fig. 52, v) sind nur bei sorgfältiger Beobachtung deutlich und im Querschnitte (Fig. 52, A, q) als innere Vorsprünge der Wand wahrzunehmen. Hie und da kann man sie auch an Luftblasen im Inneren der Haare (m'', l) aus der verschiedenen Lichtbrechung erkennen. Manchmal verläuft eine Leiste etwas schief (m', v). Nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure, wenn letztere eine bestimmte, durch Versuche erst festzustellende Concentration besitzt, zeigen die Haare drei

[1]) Pflanzenseiden liefern Asclepias-, Calotropis-, Strophanthus-, Marsdenia-Arten, Beaumontia grandiflora Wall., Wrightia tinctoria Rottl.

Schichten, eine blassgelbe, wenig veränderte Aussenschicht (B, 1), eine grünliche oder schwach bläuliche, wulstig-faltig begrenzte Partie und einen schmalen Innenschlauch. Man legt einige Haare in Jodjodkaliumlösung; daneben bringt man einen Tropfen ziemlich starker Schwefelsäure und nebenan einen Tropfen Glycerin; hierauf zieht man die Haare durch die Schwefelsäure in den Glycerintropfen und sucht nun die beschriebenen Lösungsformen auf; manche Haare werden in eine tiefblaue oder schwarze Masse verwandelt sein, an einigen wird man die Uebergänge vom normalen Verhalten bis zur Auflösung studiren können und auch die charakteristische Form auffinden.

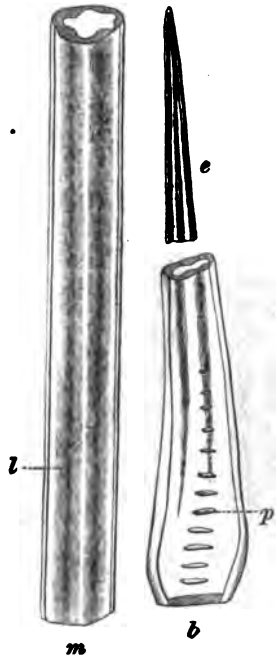


Fig. 53. Pflanzenseide von Beaumontia grandiflora. m Mittelstück, e Ende, b Basis mit Poren p, l Verdickungsleisten.

Die schöne und ausnahmsweise zähe Pflanzenseide von Beaumontia grandiflora Wall. (Fig. 53) ist der vorigen sehr ähnlich, besitzt aber zumeist schmälere Haare (Breite 20—30, nach v. Höhnel aber auch bis 60 μ) mit spitzen Enden und scharfen Verdickungsleisten; an der Basis treten sehr zarte, in einer Reihe stehende spaltenförmige Poren auf (Fig. 53, b, p).

B. Bestandtheile der Axe.

(Bastfasern, Gefässbündel etc.)

Während die technische Faser der Baumwolle (und der übrigen einzelligen Haargebilde) zugleich auch die anatomische Faser, also je eine Faserzelle darstellt, ist dieses bei den nun zu behandelnden Rohstoffen in der Regel nicht der Fall. Was man z. B. beim Flachs als eine Faser (im technischen Sinne) bezeichnet, besteht aus mehreren mehr oder weniger enge zusammenhängenden Faserzellen und man kann also sagen: Bei der Baumwolle sind technische und anatomische Faser ein und dasselbe, bei Flachs, Hanf, Jute u. s. w. setzt sich die technische Faser aus mehreren oder vielen anatomischen Fasern zusammen. Man ersieht daraus, dass für die mikroskopische Betrachtung das einfache Einlegen einer aus Faserzellen zusammengesetzten technischen Faser in Wasser nicht mehr ausreicht, die Faser muss zuvor präparirt, d. h. in ihre Einzelelemente zerlegt werden.

Es geschieht dies, indem man das im Wasser liegende Präparat auf dem Objectglase mit Nadel und Pincette zu zertheilen sucht. Die mechanische Zertheilung hat aber sehr häufig den Nachtheil, dass die Fasern stark verletzt, z. B. gestreift, gequetscht und eingerissen werden. Man behandelt daher ein Faserbündel mit kalter Chromsäurelösung, oder kocht nach Vétillard dasselbe in einer 10proc. wässerigen Soda- oder Pottaschelösung etwa eine halbe Stunde lang, wäscht sie mit Wasser aus und zerreibt sie mit den Fingern (vergl. v. Höhnel, Mikroskopie, S. 22—23). Je sorgfältiger man präparirt, je weniger man dabei die Zellen verletzt, und je genauer man die Zertheilung vornimmt, desto klarer wird das mikroskopische Bild. Um Querschnitte sich zu verschaffen, bettet man ein Bündel parallel gelegter Fasern in eine dicke mit Glycerin versetzte Gummilösung; nach dem Eintrocknen desselben lassen sich leicht feine Querschnitte mit dem Rasiermesser herstellen.

Es erscheint begreiflich, dass der Bau der Bastfaserzellen, deren physiologische Aufgabe bei allen Pflanzen, in denen sie vorkommen, dieselbe ist, in seinen Grundzügen der gleiche sein muss, und dass die Unterschiede in vielen Fällen nur sehr geringfügig sein können. In der That bietet die Erkennung mancher Bastfasern bezw. deren Unterscheidung von anderen grosse Schwierigkeiten, und der Anfänger wird gut thun, nur die am meisten verwendeten und bestuntersuchten Arten in das Bereich seines Studiums zu ziehen. Es sind daher hier nur die wichtigeren ausführlicher behandelt worden; von einigen seltener vorkommenden werden nur die charakteristischen Merkmale angeführt [1]).

a) Fasern dicotyler Pflanzen.

Flachs.

Darunter versteht man die Bastfasern mehrerer Varietäten der Leinpflanze, Linum usitatissimum L. Klimatische Zustände, Cultur- und Gewinnungsmethoden beeinflussen in hohem Grade Qualität und Quantität des Flachses; nach der Anbauzeit unterscheidet man Früh- und Spätlein, der erstere gilt als der bessere. Die Gewinnung der Gespinnstfaser umfasst eine Reihe chemisch-physiologischer und mechanischer Verfahrungsweisen, wie das Rösten (Thau-, Kaltwasser-, Warm-

[1]) Eine sehr sorgfältige und genaue Beschreibung derselben bieten v. Höhnel's Werk: Die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe, ferner Vétillard, Études sur les fibres textiles, 1876 und Wiesner's Rohstoffe.

wasser-, Dampf- und gemischte, mechanische Röste), das Klopfen, Brechen, Schwingen, Hecheln und (eventuell) das Bleichen. Als Endproduct aller dieser Processe erscheint der Reinflachs in Zöpfen oder Docken, der Abfall bildet das aus kürzeren verworrenen Fasern gebildete und meist mit Schäben (Partikel der Holztheile etc.) verunreinigte Werg (Heede). Aus Reinflachs wird Leinengarn verfertigt. Aber auch das Werg kann als ein noch werthvoller Rohstoff angesehen werden und wird abermals einem Reinigungs- und Hechelungsverfahren unterworfen, um daraus das Tow- oder Werggarn zu gewinnen. Ob nun eine Leinwand aus Leinen- oder aus Towgarn oder aus einem Gemische von beiden besteht, lässt sich mikroskopisch feststellen; in der Regel dient letzteres nur zu gröberen Geweben, aber immerhin gehört eine grosse, durch langjährige praktische Uebung erlangte Sachkenntniss dazu, um in einer Leinwand Towgarn sicher erkennen zu können. Ueber den mikroskopischen Nachweis wird unten das Nähere mitgetheilt werden.

Die technische Flachsfaser ist 2—15 dm lang, grau (Thauröste), stahlgrau (Courtrayverfahren), graugelb, lichtblond bis weisslich, in den besten Sorten schwach seidenglänzend, höchst geschmeidig, weich, fein, sehr elastisch, dabei fest und haltbar; sie lässt sich leicht und gleichmässig bleichen, aber nicht so gut färben wie Baumwolle, fasert sich im Garne nicht auf (wie Jute) und ist grösstentheils frei von Verholzung (vergl. unten den Bau der Bastfaser). Sie besteht nur aus Gruppen von Bastfaserzellen; die Zellen sind farblos, nach v. Höhnel 4—66, meist 25—30 mm lang und 12—30 μ dick, sehr gleichmässig gebaut und meistens so stark verdickt, dass das Lumen als ein sehr schmaler Doppelstreifen erscheint; die Enden sind spitz (Fig. 54). Sehr häufig findet man an den Bastzellen Querlinien oder Querfalten, die oft sogar den Eindruck von Poren machen; an manchen Stellen sind die Contouren dadurch knotig verbreitert (Fig. 54, A). In gebrauchtem Garn und in Leinwand können diese Veränderungen so bedeutend sein, dass die Zellwand stark gestreift, breit gequetscht und wie mit kropfartigen Erweiterungen versehen erscheint (Fig. 54, B, q). Diese letzteren Erscheinungen sind zweifelsohne nur Folgen der Bearbeitung der Rohware, also gewissermassen Demolirungserscheinungen. Für die einfachen als Querlinien oder Falten erscheinenden Verschiebungen hat v. Höhnel[1]), der diese Erscheinungen an vielen Fasern beobach-

[1]) Ueber den Einfluss des Rindendruckes auf die Beschaffenheit der Bastfasern der Dicotylen, Pringsheim's Jahrb. für wissensch. Botanik 1884, XV, S. 311.

tete [1]), als Ursache die örtlichen Ungleichheiten des radialen Gewebedruckes angenommen; somit wären diese Verschiebungen eine physiologische Erscheinung. Schwendener [2]) dagegen hält dieselben nur für Kunstproducte, Ergebnisse der Präparation, da an Faserobjecten, die durch Ausfaulen von Stengelstücken in Wasser gewonnen werden, Risse oder Verschiebungen entweder vollständig fehlen oder doch nur sehr spärlich vorkommen und ausserdem meist schwach ausgebildet sind.

Behandelt man die Flachszellen mit Jod und ziemlich stark verdünnter Schwefelsäure, so lassen sich bei vorsichtiger Präparation an der Zellwand drei Schichten unterscheiden: Eine äussere dunkelblaue, zerfliessende Mantelschichte (Fig. 55, A, a), ein längsgestreifter, heller,

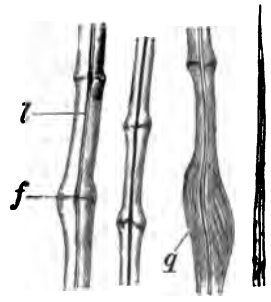


Fig. 54. Flachsfaserstücke in der Längsansicht. A fast unversehrt, B stark gequetscht, C Endstück; f Querfalten, l Lumen, q schiefe Quetschstreifung.

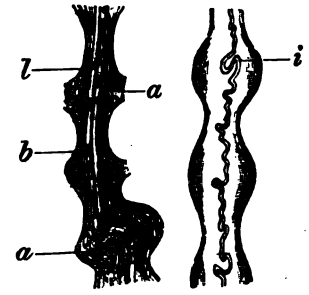


Fig. 55. Flachsfaser. A nach Behandlung mit Jod und verdünnter Schwefelsäure. B in Kupferoxydammoniak; a dunkelblauer zerfliessender Saum, b innere geschichtete Partie, i Innenschlauch, l Lumen.

blauer Schlauch (b) und ein schmaler, gelber, mit ebenso gefärbten Massen erfüllter Innenschlauch. Lässt man aber starke Schwefelsäure einwirken, so quillt die ganze Zellwand in blauen, wulstigen Massen auf, und nur der Innenschlauch, der Protoplasmareste enthält, widersteht längere Zeit. In Kupferoxydammoniak (Fig. 55, B) tritt Blaufärbung, blasige Auftreibung und Zerfliessen der Cellulosewand ein, während der Innenschlauch als vielfach gewundener und stellenweise fast gekräuselter Faden zurückbleibt.

Im Allgemeinen gilt der Flachs als gänzlich unverholzt. Nach v. Höhnel [3]) ist dies aber nicht richtig, indem an jeder Faser Ver-

[1]) L. c. S. 316: Urticaceen, Apocynaceen, Asclepiadaceen.

[2]) Ueber die „Verschiebungen" der Bastfasern im Sinne v. Höhnel's. Ber. D. B. G. 1894, Band 12, S. 239.

[3]) Zur Mikroskopie der Hanf- und Flachsfaser. Zeitschr. f. Nahrungsmitteluntersuch., Hyg. u. Waarenkunde 1892, S. 90.

holzung, aber nur knotenweise auftritt, so dass „eine ganz kurze, leicht übersehbare Zone stark verholzt ist, worauf dann ein langes, ganz unverholztes Glied kommt“. Den chemischen Nachweis der Verholzung der Leinenfaser hat Alois Herzog geführt. Derselbe hat die von verschiedenen Theilen der Leinpflanze herrührenden Fasern nach der Methyloxydbestimmungsmethode auf ihren Ligningehalt geprüft und gefunden, dass auf wasserfreie Substanz bezogen, die Fasern der Leinwurzel 3,8 %, die der Stengelmitte 2,36 %, die der Stengelspitzen 1,64 % Lignin enthalten. Durch das Bleichen werden diese geringen Ligninmengen gänzlich entfernt.

Zur genauen Charakteristik der Bastfasern ist die Kenntniss der Querschnittsbeschaffenheit unerlässlich. Wir werden sehen, dass sich auf das Aussehen des Querschnittes und dessen Verhalten in Jod und Schwefelsäure vortreffliche Unterscheidungsmerkmale gründen lassen. Querschnitte lassen sich auch von Garnfäden anfertigen, wenn man dieselben zurückdreht und die Fasern des Garnes so gut wie möglich parallel zu einander lagert.

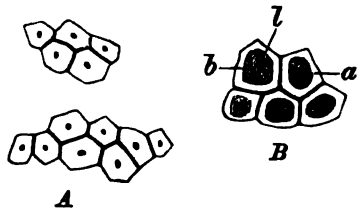


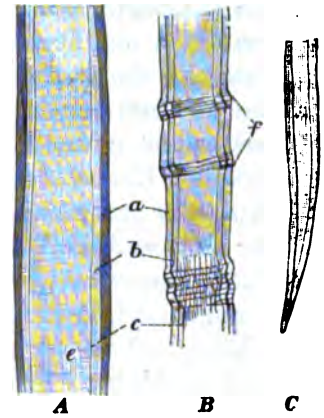
Fig. 56. Flachsfaserquerschnitte. A in Wasser, B nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. Bezeichnung wie Fig. 55.

Die Querschnitte des Flachses (Fig. 56, A) stehen fast immer in kleinen Gruppen und stellen scharfkantige Polygone mit geraden Seiten (meist Fünf- oder Sechsecke) dar, deren Zusammenhang ziemlich locker ist. Das Lumen ist in der Regel sehr klein, punktförmig. Mit Jod und Schwefelsäure behandelt erscheinen die Querschnitte blau oder violett, ohne eine anders gefärbte (gelbe) Umrandung (Mittellamelle, Aussenlamelle). An manchen Querschnitten lässt sich eine äussere dunkelblaue (Fig. 56, B, a) und eine innere, lichtblaue, geschichtete Partie (Fig. 56, B, b) unterscheiden.

Es ist schon oben bei der Beschreibung der Flachsfaser bemerkt worden, dass die Zellwand meistens stark bis zur Reduction des Lumens auf eine Linie verdickt ist. Aber nicht an allen Bastfasern der Leinpflanze ist dies der Fall; denn es finden sich auch Fasern mit weitem Lumen und anderen Querschnittscontouren vor. Diese entstammen der Stengelbasis der Leinpflanze. Fig. 56, A zeigt Faserstücke vom untersten Stengeltheil: Das Lumen ist fast dreimal so breit, als die Wanddicke beträgt, wird mitunter gegen das Faserende bedeutend schmäler, ist häufig aber bis kurz vor dem Ende noch

breiter als die Wand. Die Wand zeigt Verschiebungen (Fig. 57, B) und lässt bei günstiger Beleuchtung eine glatte äussere, eine anliegende zart gestreifte Schicht und ein Innenhäutchen erkennen. Die Querschnitte (Fig. 57, D) sind grösstentheils scharfkantig, einzelne abgerundet, die Lumina deutlich entwickelt. Die Scheidung der Wand in drei Schichten ist auch an den Querschnitten in ausgezeichneter Weise zu sehen (Fig. 57, D, a, b, c).

Noch mehr abweichend gebaut sind die Fasern der relativ kräftigen Pfahlwurzel der Leinpflanze. Sie haben sowohl in der Längsansicht, wie im Querschnitt eine auffallende Aehnlichkeit mit den Hanffasern. Die Querschnitte sind länglich, flach-abgerundet dreieckig oder fast elliptisch, die Lumina sind gross und enthalten nur sehr geringe Protoplasmareste. Mit Phloroglucin-Salzsäure behandelt zeigen sie eine schwache, aber deutliche Rothfärbung und sind demnach verholzt[1]).



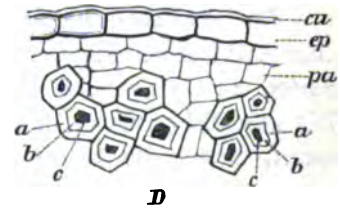


Fig. 57. Aus der Stengelbasis der Leinpflanze. A—C Weitlumige Fasern in der Längsansicht, A unversehrt, B mit Verschiebungen, C Endstück. — D Querschnittspartie aus der Stengelbasis. — cu Cuticula, ep Epidermis, pa Parenchym. — a Aussenschicht, b gestreifte innere Schicht, c Innenhaut, l Lumen der Faserzellen. In D das Lumen schwarz. A—C Vergr. 400, D 200.

Die Fasern des unteren Stengeltheiles sowie der Wurzel gelangen grösstentheils in das Werg. Es ist daher das aus Werg bereitete Towgarn durch Fasern mit weitem Lumen charakterisirt, die leicht mit den sehr ähnlichen Hanffasern verwechselt werden können. Wir finden aber an den Wergfasern noch ein wesentliches Begleitelement, das uns in den Stand setzt, deren Abstammung vom Leine mikroskopisch festzustellen. Bei der mechanischen Flachsbereitung lässt sich nämlich die Epidermis der

[1]) Alois Herzog, Beiträge zur Kenntniss der Flachsfaser. Oesterr. Chem.-Ztg. 1898, Band 1, S. 310—312 und 335—336. — Der Artikel enthält auch gute Abbildungen von Längsansichten und Querschnitten der Wurzel- und Stengelfasern, von letzteren aus den drei Zonen des Stengels.

Stengelbasis von den Faserbündeln nicht oder nur zu einem geringen Theile entfernen und ist daher immer auch in grösseren und kleineren Bruchstücken an den Faserpräparaten zu beobachten.

Wir können demnach als Unterschied von Leinen- und Towgarn feststellen:

1. Das Leinengarn besteht aus meist englumigen, spitzendigenden Zellen und ist grösstentheils frei von anderen Gewebeelementen des Stengels.
2. Das Towgarn besteht aus eng- und weitlumigen Faserzellen und enthält immer Reste der Epidermis.

Bezüglich des Unterschiedes der weitlumigen Flachszellen und der Hanffasern ist in dem nächsten Abschnitte das Nöthige angegeben. Von A. Herzog wird auch auf die Fasern des oberen Leinstengel-Endes hingewiesen, die von ihm als unreif bezeichnet werden. Sie zeigen im Querschnitte sehr unregelmässige Formen, sind abgerundet, häufig mit einspringenden Winkeln versehen und besitzen ein weites, mit reichlichen Plasmaresten erfülltes Lumen. Die Enden sind entweder spitz oder abgerundet. Auch diese Fasern gelangen in das Werg.

Hanf.

Die Bastfaser der Hanfpflanze, Cannabis sativa L., dient seit alter Zeit hauptsächlich zu Bindfaden, Stricken, Seilen, in den feineren Sorten zu Garnen und Geweben und endlich zur Papierfabrication. Die männliche Pflanze, Sommer-, Staubhanf oder Hanfhahn genannt, liefert die besten und feinsten Fasern; die weibliche Hanfpflanze (Winterhanf, Bästling, Bösling, Hanfhenne) wird gewöhnlich zugleich auf die Früchte ausgebeutet, also zu einer Zeit geerntet, in welcher die Fasern schon stark verholzt und spröde sind. Samenreife Pflanzen heissen Sämlinge und liefern Fasern von nur geringem Werthe.

Die Hanffaser wird in derselben (aber meist vereinfachten) Weise wie der Flachs aus der Pflanze abgeschieden; die Pflanzen werden geriffelt, geröstet, gebrochen und gehechelt. Der gebrochene Hanf heisst Basthanf, der gehechelte Reinhanf, der wieder in Schuster- und Spinnhanf unterschieden wird. Das beim Hecheln abfallende Werg (Heede, Tors) dient als Polstermaterial.

Die technische Faser ist von sehr verschiedener Länge; der Riesenhanf von Boufarik ist 3 m lang; die Faserzellen messen 10—50 mm in der Länge, ihre Breite beträgt 16—50 μ. Die Zellen sind weniger

gleichmässig als die des Flachses, das Lumen ist sehr häufig ziemlich breit, etwa gleich der Wanddicke oder breiter, mitunter aber wegen der starken Längsstreifung der Wand (Fig. 58, f) nicht deutlich abgesetzt zu sehen. An demolirten Fasern bemerkt man Quetschfalten, Ausbauchungen, Querrisse und die schon angegebene scharfe Längsstreifung (Fig. 58, f'). Die Enden sind zumeist stumpf, seltener etwas spitz (Fig. 58, e), oder auch durch 1—2 kurze stumpfe Seitenzähne gegabelt. Diese Gabelenden, die beim Flachse noch niemals beobachtet worden sind, sind ein ausgezeichnet charakteristisches Merkmal des Hanfes; ihr Vorkommen ist aber nur beschränkt und v. Höhnel

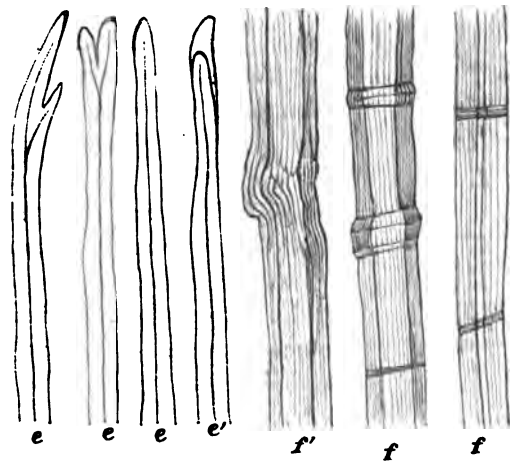


Fig. 58. Hanffaser. f Längsansichten, f' solche mit starker Quetschung, e, e' Enden, bei e' liegt der Zahn vor dem Ende.

hat eine Aufklärung über die widersprechenden Angaben verschiedener Forscher gegeben. Schacht[1]) findet die Enden der Hanffaser häufiger getheilt als einfach, Wiesner[2]), Vétillard[3]) und Cramer[4]) behaupten das Umgekehrte; v. Höhnel[5]) konnte unter 3—4 Hanffaserenden ein gegabeltes auffinden. Der Autor hat unter 10 Enden ein gegabeltes festgestellt. Die Sache verhält sich nun,

[1]) H. Schacht, Die Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe, Berlin 1858.

[2]) J. Wiesner, Technische Mikroskopie, Wien 1866, S. 110.

[3]) Vétillard, l. c. S. 77.

[4]) Cramer, Programm des Züricher Polytechnikums, 1881, Drei gerichtliche mikroskopische Expertisen betreffend Textilfasern, S. 22.

[5]) v. Höhnel, Mikroskopie etc., S. 38.

wie v. Höhnel[1]) angibt, folgendermassen. Die Neigung zur Bildung gegabelter Enden steigt um so mehr, je weiter südlich die Sorte heimisch ist. „Nordischer Hanf verhält sich so, wie ihn Wiesner etc. schildern, spanischer Hanf entspricht den Schilderungen von Schacht. Indischer Hanf zeigt endlich noch stärker verzweigte Enden, mit oft langen, weit gabelig aus einander tretenden Zweigen, oder knorrige Anschwellungen mit mehreren kurzen Enden[2])."

Die Hanffaser ist schwach verholzt, färbt sich mit Jod oder Schwefelsäure blau oder grünlichblau; die gebleichte Faser gibt die reine Cellulosereaction. In Kupferoxydammoniak quillt die rohe Faser mächtig auf, die innerste Wandschicht bildet häufig (nicht immer) einen gefältelten breiten Schlauch. Sehr charakteristisch sind die Querschnitte: sie bilden Gruppen, haften fest an einander, sind unregelmässig gerundet, oder drei-, vier- bis sechsseitig, mit abgerundeten Ecken, ausgezeichnet scharf geschichtet und mit einem spaltenförmigen, mitunter etwas verzweigten, stets inhaltslosen Lumen (Fig. 59) versehen. In Jod und Schwefelsäure werden die Querschnitte blau bis auf die äusserste Schichte, die sog. Mittel- oder Aussenlamelle, welche als feine gelbe Linie die blauen Schichten umgibt (Fig. 59, q', m).

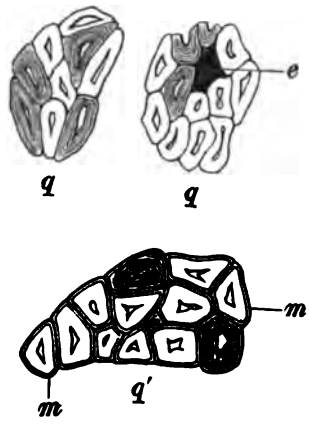


Fig. 59. q Querschnitte der Bastfasern in Wasser, bei e eine Lücke; q' Querschnitt mit Jod und Schwefelsäure behandelt, m Mittellamelle.

Nach den angeführten Merkmalen ist es also ganz wohl möglich, die Hanffaser von der Leinenfaser zu unterscheiden; besonders erleichtert wird diese Unterscheidung, wenn in dem zu untersuchenden Object noch andere Gewebetheile des Hanfstengels vorhanden

---

[1]) Zeitschr. f. Nahrungsmitteluntersuch., Hyg. u. Waarenkunde 1891, S. 30.

[2]) Welchen Werth Cramer übrigens den Zellenden zur Erkennung der Hanffaser beimisst, erhellt aus folgender Stelle (l. c. S. 22): „Nach Schacht sind die Bastzellen am Ende oft gespalten, zweispitzig, diejenigen des Flachses dagegen ungetheilt. Schon Wiesner hat eingewendet, dass Hanfbastzellen mit gabeligen Enden selten angetroffen werden und ich muss ihm hierin beistimmen. Gesetzt aber auch die Schacht'sche Angabe stünde unangefochten da, wer wollte bei einer gerichtlichen Expertise darauf fussen? Man vergesse nicht, dass eine nur 1 cm lange Bastzelle bei hundertfacher Vergrösserung 1 m lang erscheint. Welch horrible Zeit wäre mithin nöthig, um das Urtheil auf ein auch nur einigermassen imponirendes Beobachtungsmaterial basiren zu können?"

sind, der Hanf also nicht vollständig feingehechelt war, wie dies z. B. bei dem Hanfgarn, aus welchem Bindfaden und Stricke hergestellt werden, in der Regel der Fall ist. Das wichtigste, weil am häufigsten vorkommende Begleitelement sind schmale, langgestreckte, schlauchartige Zellen (?), deren tiefbrauner homogener, das Zellinnere gänzlich ausfüllender Inhalt in den gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslich ist, und auf den Cramer (l. c.) zuerst aufmerksam gemacht hat. Selbst durch längeres Kochen in Kali zeigt der Inhalt sich nur wenig verändert, und man findet kürzere oder längere, wie (glatt) ab-

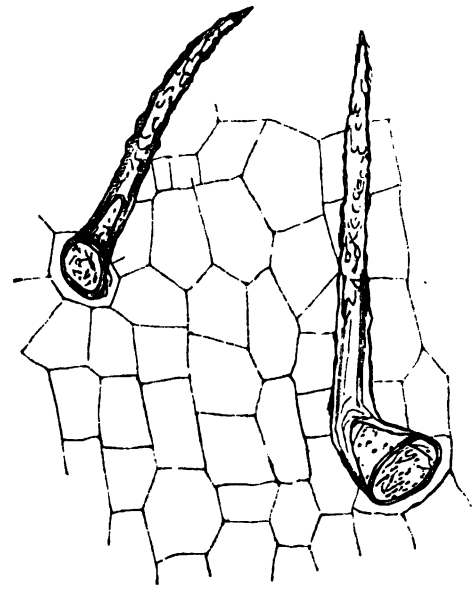


Fig. 60. Oberhaut vom Hanfstengel mit zwei Haaren.

gebrochen aussehende Stücke desselben in dem Präparat. Ein anderes nicht selten zu beobachtendes Gewebe ist die Epidermis des Hanfstengels, von welcher oft ganz ansehnliche Stücke in gröberen Hanfgarnen enthalten sind. Die Epidermiszellen sind polygonal, kleiner als die der Leinenstengeloberhaut, die Spaltöffnungen stehen auf kleinen Erhabenheiten und haben zwei halbmondförmige Schliesszellen ohne deutliche Nebenzellen; ausserdem trägt die Epidermis des Hanfes noch sehr charakteristisch gebaute, meist an der Basis abgebogene, einzellige, stark verdickte Haare, deren obere Hälfte warzig rauh ist (Fig. 60). Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass die Parenchymzellen, welche

die Faserbündel umgeben, reich an Drusen des Calciumoxalats sind, die dem Leine fehlen.

In einer Leinwand hingegen, welche sehr fein gehechelten Hanf enthält, ist aber von diesen begleitenden Gewebeformen nur höchst selten etwas aufzufinden. Wenn man nun bedenkt, dass in der Leinwand die meisten Fasern Demolirungserscheinungen zeigen, dass sehr häufig die Enden abgerissen, zerquetscht und nicht gut kenntlich sind, und dass endlich, wenn die Leinwand stark gebleicht ist, auch die etwa darin enthaltenen Hanffasern im Querschnitte nicht mehr die gelbe Aussenlamelle zeigen, da die Verholzungsmaterie grösstentheils zerstört bezw. entfernt worden ist, so wird man die Schwierigkeit der Unterscheidung beider Faserarten ermessen können und mit seinem Urtheile wohl sehr zurückhaltend sein müssen. Nur wenn man unzweifelhaft sicher gabelige Enden gefunden und vollkommen deutlich abgerundete Querschnitte mit schmalem spaltenförmigen, inhaltslosen Lumen beobachtet hat, oder wenn man Stücke der braunen Farbstoffzellen, die selbstverständlich genau und sicher identificirt werden müssen, entdeckt hat, kann man mit Bestimmtheit das Vorkommen von Hanf angeben. Durch weitlumige Fasern darf man sich nicht täuschen lassen, denn wir haben beim Flachse gesehen, dass derselbe ebenfalls solche führt, die in der Flächenansicht — insbesondere wenn sie eine scharfe Längsstreifung zeigen — sich von Hanffasern nicht unterscheiden lassen. Ausserdem hat man zu beachten, dass bei uns feine Leinwanden, d. h. solche mit sehr feinem Garne, niemals Hanf enthalten; nur grobfädige, starke Leinwandsorten können eines Hanfgehaltes verdächtig erscheinen. Um eine Sicherheit des Urtheils zu gewinnen, ist hier vor allem eine ausserordentlich grosse Uebung nothwendig; man präge sich das Aussehen der beiden Faserarten durch vielfältige genaue Untersuchungen bestmöglich ein und beobachte sie in den verschiedenen Vorkommnissen, im rohen Zustande, im Garne, im Zwirne, in ungebrauchten und gebrauchten Geweben; man achte ganz besonders auf die begleitenden Gewebselemente und wird dann in den meisten Fällen zu einem bestimmten Urtheile zu gelangen in der Lage sein.

Jute[1]).

Es wird angegeben, dass etwa sechs Arten der zu den Tiliaceen gehörigen Gattung Corchorus Fasern liefern, die unter dem Namen

[1]) Wiesner, Rohstoffe 1873, S. 393. — Semmler, Die tropische Agricultur, Band III, S. 644. — v. Höhnel, Mikroskopie, S. 43. — Pfuhl, Physikalische

Jute bekannt sind. Hauptsächlich werden aber C. olitorius L. (Gemüsejute, weil die Blätter und Sprosse als Gemüse geschätzt sind) und C. capsularis L., beide ursprünglich in Indien einheimisch, jetzt überall in den Tropen cultivirt. Die feinere Jute wird exportirt, das Uebrige kommt in Form von Säcken zur Ausfuhr. Die Jutepflanzen lässt man bis zur Blüthezeit mehrere Meter hoch wachsen; dann schneidet man sie ab und unterwirft sie der Wasser-, nur sehr selten der Thauröste.

Die technische Faser ist eigenthümlich graugelb oder blass bräunlichgelb, ziemlich weich, bis 3 m lang, glänzend, stark verholzt; bei längerem Gebrauche zeigen Garnfäden aus Jute die Erscheinung des Auffaserns, indem die einzelnen Faserzellen reissen. Die die technische Faser zusammensetzenden Bastzellen sind mehrere Millimeter lang, 17—23 μ breit, zeigen weder im Längsverlauf noch im Querschnitt eine Schichtung und besitzen ein ziemlich weites Lumen, dessen Querdurchmesser an einer und derselben Faser sehr auffälligen Schwankungen unterworfen ist (Fig. 61, f und f'). Stellenweise verengert sich das Lumen und kann sogar (f' bei l) gänzlich verschwinden. Der starke Wechsel der Wandstärke ist ein ausgezeichnetes Kennzeichen dieser Faser, wozu noch die Eigenschaft kommt, fest zusammenhängende Bündel zu bilden. Quetscherscheinungen und sog. Verschiebungen sind nicht zu beobachten. Wahrscheinlich hängt dies mit dem Fehlen jeder Schichtung der Zellwand zusammen. Somit bietet die Jute ein ganz anderes mikroskopisches Bild als Flachs und Hanf; mit der Abelmoschusfaser, dem Gambohanf und der Urenafaser aber besitzt sie eine grosse Aehnlichkeit. — Die Enden sind abgerundet. Die Querschnitte (Fig. 61, q) stehen immer in Gruppen

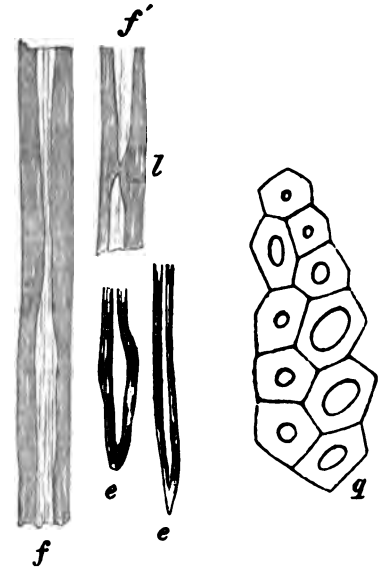


Fig. 61. Jute. f Faserstück in der Längsansicht mit Lumenverengerungen, f' ein solches mit unterbrochenem Lumen bei l, e Endstücke, q Querschnitte.

Eigenschaften der Jute, Berlin 1888. — Autor, Materialienkunde des Pflanzenreichs, Wien 1891, S. 52; und in Moeller-Geissler, Realencyklopädie der ges. Pharmac., Band V, S. 536.

und bilden Polygone mit vollkommen geraden Seiten und höchst scharfen Ecken; die stets leeren Lumina sind oval (dünnwandige Stellen) oder kreisrund und klein (Verengerungen). Eine Querschnittsgruppe zeigt daher Lumina von sehr verschiedener Grösse. Mit Jod und Schwefelsäure behandelt, erscheinen die Querschnitte durchwegs goldgelb.

Aus den Abfällen der Jute, des Flachses und Hanfes stellt man ein wolleähnliches Product dar, das bei der Tuchfabrication als Beimischung verwendet wird, und unter dem Namen Kosmosfaser, Laine artificielle oder Kunstwolle (nicht zu verwechseln mit Shoddy und Mungo) in den Handel kommt.

Gambohanf[1]),

auch Ambareefiber genannt, eine der Jute sehr ähnliche Faser, wird von Hibiscus cannabinus L. gewonnen. Sie ist gelblichweiss bis graugelb, wenig glänzend und etwas verholzt. Die Verholzung ist aber keine gleichartige, wie die Behandlung mit Jod und Schwefelsäure beweist. Manche Querschnitte sind gelb und von der braunen, ziemlich breiten Aussenlamelle umsäumt. An anderen werden die Verdickungsschichten tiefblau und nur die Aussenlamellen sind dunkelgelb. An Längsansichten der mit Jod und Schwefelsäure behandelten Faser sieht man einige Partien an einer und derselben Faser gelb, andere sind gebläut oder sehen grünlich aus, es muss daher die Holzsubstanz ungleichmässig in der Membran eingelagert sein. Dieses Verhalten mag die Ursache der geradezu entgegengesetzt lautenden Beschreibungen der Autoren sein. Während Wiesner (Rohstoffe S. 379) angibt, dass die Bastzellen von Jod und Schwefelsäure „bis auf die innerste Zellwandschicht unter starker Aufquellung indigoblau gefärbt" werden, tritt nach v. Höhnel nur eine Gelbfärbung ein. Richtig ist, dass bei Anwendung der verdünnten Schwefelsäure, wie sie v. Höhnel empfiehlt, eine Blaufärbung nicht hervorgerufen wird.

Die technische Faser besteht fast nur aus Bastfasern. Diese sind bis 6 mm lang, meist 14—16 μ (nach v. Höhnel meist 21 μ) breit, enden entweder stumpf (Fig. 62, e), nicht selten mit einer sehr kurzen Gabelung (a), oder seltener schmalkegelig und spitz; die Enden sind immer sehr stark verdickt. Das Lumen zeigt einen höchst veränderlichen Durchmesser an einer und derselben Faser; man findet Partien mit stellenweise sich verengendem (f), solche mit sehr weitem

[1]) v. Höhnel, l. c. S. 46. — Autor, Realencyklopädie, Band IV, S. 507.

(f') und mit sehr engem (f'') Lumen und endlich auch solche, deren Lumen an einzelnen Punkten ganz unterdrückt ist (f''' bei l). Die Querschnitte sind fest und dicht an einander gelagert (Fig. 62, q), entweder polygonal mit scharfen Ecken und geradlinigen Seiten, oder abgerundet polygonal bis fast rundlich oder ovalrundlich; in ersterem Falle sind die Lumina meist klein, oft punktförmig, in letzterem stets gross und oval (q). Schon im Wasser suspendirte Querschnitte

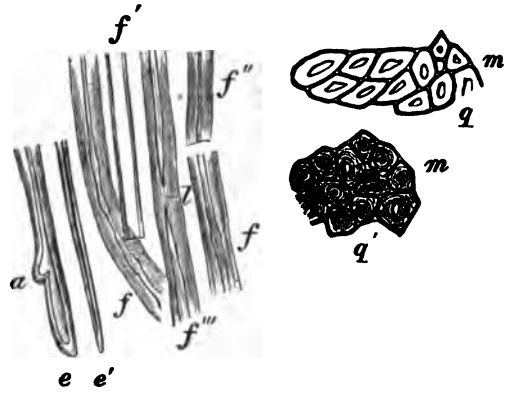


Fig. 62. Gambohanf. f und e Längsansichten. f Faserstück mit unregelmässigem, f' mit sehr weitem, f'' mit sehr engem, f''' mit bei l unterbrochenem Lumen; e breites Faserende mit einer Abzweigung a, e' schmales Faserende. — q Querschnitte mit grossem, q' mit sehr kleinem Lumen, m Mittellamelle.

zeigen die Aussenlamelle deutlich als breite Streifen (m); eine Schichtung ist an den Querschnitten mit grossem Lumen gar nicht, an den kantigen mitunter, aber niemals besonders deutlich wahrzunehmen.

Sunn[1]).

Calcutta-, Madras-, Bombay-, Conkanee-, brauner, indischer Hanf, Ghore sun, Taag, Chin-pat, Chumese, Salsetti, eine von der indischen Papilionacee Crotalaria juncea L. gewonnene Spinnfaser.

Der bis 3 m hohe Strauch wird zur Blüthezeit (August) ausgerissen, halb getrocknet und in Bündeln einer 4—8tägigen Wasserröste unterworfen. Die Fasern werden darauf durch Abziehen und Abstreifen gewonnen, dienen in Indien zu Geweben, in England, Frankreich und in der nordamerikanischen Union zu grobem Papier, zu Seilen und zu Packtuch.

Die Sunnfaser sieht dem Hanf ähnlich; im rohen Zustande ist sie ziemlich grob, bandartig, von dunkelflachsgrauer Farbe und von sehr

[1]) v. Höhnel, l. c., S. 42. — Autor in Realencyklopädie, Band IX, S. 547.

verschiedener Länge; gereinigt gelblichgrau, etwas glänzend, mässig fein. Die Bastzellen sind 13—50 μ, meist 25—30 μ breit, erscheinen in der Längsansicht theils glatt, theils gestreift, enthalten mitunter Körnchen (Fig. 63, m, p) und zeigen auch Quetschfalten (x); das Lumen ist meist — aber nicht immer — breiter als die Wanddicke. Die Enden sind halbkugelförmig abgerundet, sehr stark verdickt (e) oder auch schmäler und knotig-warzig. In Jod färbt sich die Faser

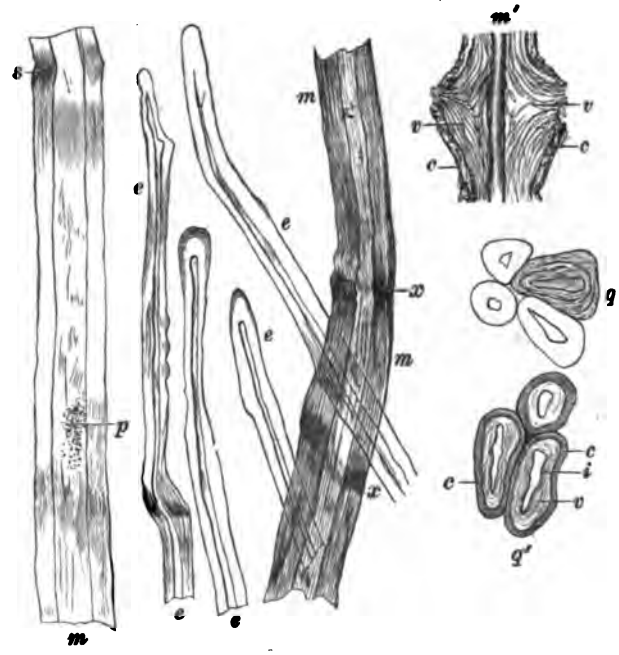


Fig. 63. Sunnhanf von Crotalaria juncea. m Mittelstücke, e Enden, m' Mittelstück und q' Querschnitte in Jod und Schwefelsäure, q Querschnitte in Wasser, x Quetschfalten, p Inhalt, c Aussenlamelle, v Cellulosemembran, i Innenschlauch.

goldgelb, Jod und starke Schwefelsäure bewirken ein eigenthümliches Aufquellen; ein gelblicher Mantel (c) löst sich in eine krümelige Masse auf, über diese fliesst die blaue Cellulosemasse (v) heraus und ein grünlichgelber Innenschlauch (i) bleibt zurück. Wie also im Längsverlauf die Faser sehr an Hanf erinnert, so sind auch die Querschnitte denen des Hanfes sehr ähnlich. Sie sind eirundlich, rundlich-dreieckig (q) und besitzen ein längliches Lumen; mit Jod und Schwefelsäure behandelt (q') zeigen sie einen starken gelben Mantel (Aussenlamelle) und eine blaue Cellulosewand. Ob die Faser im Papier sich von Hanf unterscheiden lässt, erscheint fraglich.

Ausser der soeben beschriebenen Papilionaceenfaser liefern noch zwei dieser Familie angehörige Pflanzen werthvolle Rohstoffe zur Papierbereitung, und zwar der spanische Pfriemen, Spartium junceum L. und der deutsche Besenginster, Sarothamnus vulgaris Wimm. (Spartium scoparium L.).

Die langen, binsenförmigen Zweige des Pfriemen enthalten feine,

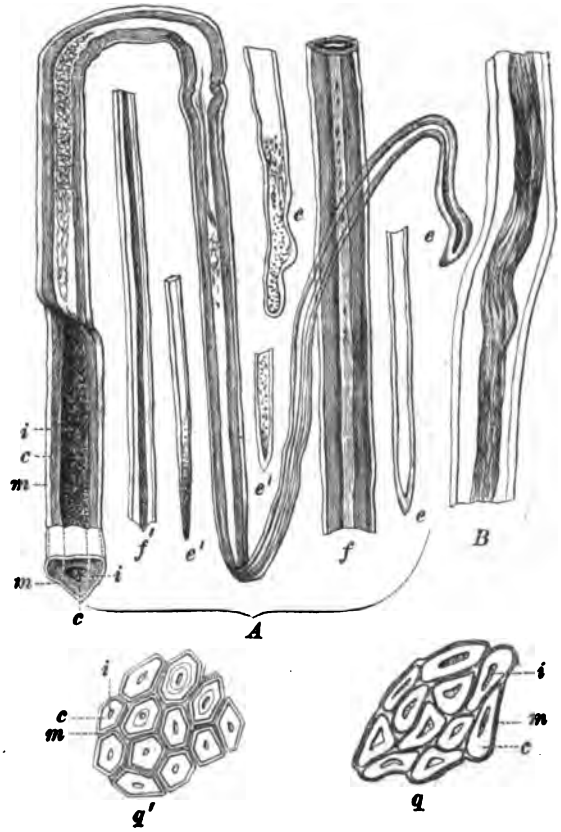


Fig. 64. Pfriemenfaser von Spartium junceum L. A in Wasser, B in Kalilauge gekocht. — f breite, f' schmale Fasern, e Endstücke der ersteren, e' der letzteren, q Querschnitte der breiten, q' der schmalen Fasern; m Mittellamelle, c Cellulosewand, i Inhalt.

weiche und weisse, feste Fasern[1]), die aus zweierlei Bastzellen zusammengesetzt sind: Entweder nur aus schmalen (Fig. 64, f'), im Querschnitte polygonalen (q')- oder aus breiten, weitlichtigen (f), im Querschnitte länglich rundlichen Faserzellen. Die schmalen Faserzellen gehören den unter der Epidermis der Pfriemenzweige gelegenen isolirten cylindrischen

[1]) Autor in Realencyklopädie, Band VIII, S. 91.

Sklerenchymfaserbündeln an, die breiten dem Basttheil der Gefässbündel.

An allen Fasern kann man deutlich zwei verschiedene Wandschichten unterscheiden, eine äussere, sehr schmale, die der Mittellamelle und den äusseren verholzten Membranpartien der Zellwand entspricht (Fig. 64, m), und eine innere (c), grösstentheils aus Cellulose bestehende Schicht. Dieses Verhalten ist sowohl an der Längs-, wie an der Queransicht wahrzunehmen und eines der charakteristischen Merkmale dieses Rohstoffes. Manche Fasern zeigen Knickungen und Erweiterungen, im Uebrigen sind sie sehr gleichförmig gebaut. In Kalilauge gekochte Fasern (B) zeigen einen längsgefalteten Innenschlauch. Die äusseren Wandpartien sind verholzt. Im Querschnitte bilden die nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure gelb gefärbten Mittellamellen ein starkes Netz.

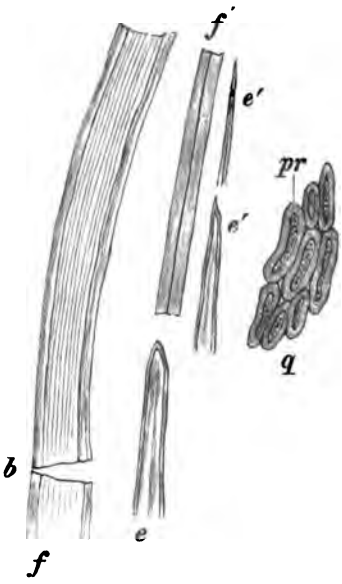


Fig. 65. Hopfenfaser. f Mittelstück und e Endstück einer breiten Faser, f' und e' von schmalen Fasern, b Bruchstelle, q Querschnitt, pr Inhalt.

Die schmalen Faserzellen sind 10—12 μ breit, die Querschnitte scharfkantig polygonal mit punktförmigem oder stricheligem Lumen. Die breiten Fasern messen bis 20 μ, meist 17 μ; ihre Querschnitte sind denen des Hanfes sehr ähnlich, aber kleiner und durch die breiten Mittellamellen ausgezeichnet.

Fast denselben Bau zeigt die Ginsterfaser vom Besenginster[1]).

Hopfenfaser[2]).

Die Bastbündel des Hopfens, Humulus lupulus L., liefern, mittelst des Nördlingen'schen Verfahrens (Kochen der Hopfenstengel in verdünnter Seifen- und Sodalösung, Waschen und Kochen in Essigsäure u. s. w.) isolirt, einen Papierrohstoff von stets zunehmender Bedeutung. Die Fasern sind 20—80 cm lang, tief rothbraun. Die Bastzellen sind dünnwandig, weitlichtig, glatt, 23—30 μ breit (Fig. 65, f),

[1]) v. Höhnel, l. c. S. 47.

[2]) Ausführliche Angaben im Jahresbericht der Wiener Handelsakademie 1882, S. 15—19 des Sep.-Abd. — v. Höhnel, l. c. S. 45. — Autor in Realencyklopädie, Band V, S. 273.

die Enden breit abgerundet (e); meist sind sie auch gestreift; ausserdem können schmale, sehr dickwandige, spitz endende Fasern (f', e') nachgewiesen werden. Die Querschnitte sind denen des Hanfes ähnlich, aber meist schmäler (q), geschichtet und erscheinen in Jod und Schwefelsäure blau mit körnigem, gelbem Inhalt. In Kupferoxydammoniak zerfliessen die Fasern ähnlich wie die des Flachses. Der Nachweis im Papier ist ausserordentlich schwierig, weil die Fasern meist so stark demolirt sind, dass sie ihr ohnedies wenig charakteristisches Aussehen verlieren. Werthvoll zur Erkennung sind begleitende Gewebselemente, insbesondere die sog. Klimmhaare des Hopfens, das sind einzellige, gleich- oder ungleicharmige Haare mit stark verkieselter Wandung.

Die Nesselfasern.

Die meisten Nesselpflanzen (Urticaceen) besitzen lange, geschmeidige, zum Verspinnen wohl geeignete Bastfasern. Aus unserer gemeinen Brennessel (Urtica dioica L.) wurde schon in früheren Jahrhunderten [1]) eine Spinnfaser gewonnen, und seitdem man in neuerer Zeit mit Erfolg sich bemüht hatte, die Faserabscheidung rationell zu gestalten, scheint diese Faser wieder an Bedeutung zu gewinnen [2]).

Die Fasern [3]) unserer Nessel sind fein, geschmeidig, weich, lang und hinlänglich fest. Die Bastzellen sind nicht gleichmässig in ihrem Verlaufe, indem der Querschnitt einer Zelle stellenweise grösser oder kleiner wird (Fig. 66, a). Die Verbreiterungen der Zelle, die nicht allein der Zellwand, sondern auch dem Lumen zukommen, treten auch häufig an den Enden auf, so dass diese eine merkwürdige, löffel- oder spatelförmige Gestalt besitzen (e'); gewöhnlich sind die Enden stumpf, abgerundet und sollen auch (nach v. Höhnel) eine gabelige Verästelung zeigen. Die Zellwand ist gerade oder schief gestreift. Aussen- und Innencontouren der Zellwand verlaufen nicht etwa, wie bei der Jute, in verschiedenen Richtungen, sondern bleiben nahezu parallel, so dass die Mächtigkeit der Wand im Allgemeinen sich nicht wesentlich verändert. Stark ausgeprägte Marken der auf den Fasern aufliegenden, Krystalldrusen führenden Zellen von quadratischem Umriss verursachen auf den Fasern querlaufende Streifen, die als Porencanäle angesehen werden könnten (Fig. 66, f, p). Die meisten Fasern führen einen feinkörnigen, in Jod sich gelb färbenden Inhalt; eine Verholzung ist nicht nachzuweisen, Jod und Schwefelsäure färben die

[1]) Boehmer, Technische Geschichte der Pflanzen 1794, Band I, S. 543.

[2]) J. Moeller, Die Nesselfaser. Polyt. Ztg. 1883 Nr. 34—35.

[3]) v. Höhnel, l. c. S. 40. — Autor, Realencyklopädie, Band VII, S. 304.

Faser blau. Dagegen soll die Zellwand nach Wicke[1]) verkieselt sein. In Kupferoxydammoniak tritt rasche Lösung ein. Die Querschnitte (Fig. 66, q) zeigen einzelne Fasern oder nur wenige, meist 3—6, selten bis 9 Fasern zu lockeren Gruppen vereinigt, sie sind länglich oder rundlich eiförmig, abgeplattet, niemals polygonal, mitunter etwas einwärts gefaltet, und deutlich geschichtet; das Lumen ist länglich, selten schmal dreieckig und zeigt fast immer einen Inhalt. Die Breitenmasse sind 30—60 μ (nach v. Höhnel bis 70, nach Moeller bis 120 μ).

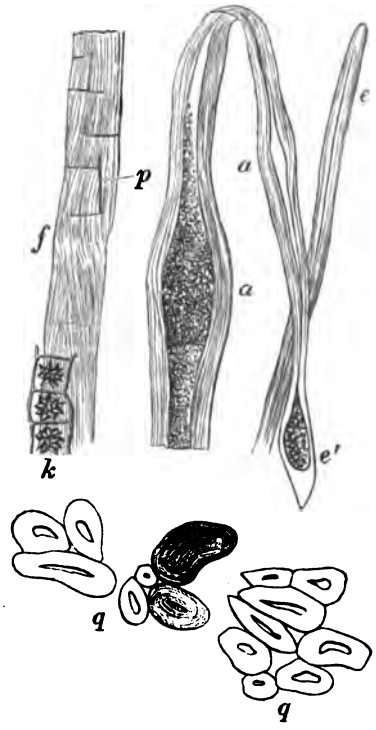


Fig. 66. Nesselfaser von Urtica dioica. f Faserstück schief und so stark gestreift, dass das Lumen nicht wahrnehmbar ist, p Paremchymmarken, e stumpfes, e' spatelförmiges Faserende, a Auftreibungen, q Querschnitte.

Die mit Salzsäure gewonnene Faser zeichnet sich durch weisse Farbe und seideähnliches Aussehen vortheilhaft aus, scheint aber an ihrer Festigkeit eingebüsst zu haben.

Weit wichtiger als die von unserer und der nächstverwandten sibirischen Nessel (U. cannabina L.), sowie von amerikanischen Urticaceen, wie Laportea canadensis L. gewonnenen Fasern ist die Ramié, chin. Tchoumâ, auch Rhea fibre und Chinagras genannt, die Bastfaser der indischen Schneenessel, Boehmeria nivea L., deren ausgezeichnete Eigenschaften übrigens schon lange erkannt sind.

Die Ramie- oder Ramipflanze[2]) ist in Südostasien einheimisch, wird in China, auf Japan, den Sundainseln, in Ostindien und in Nord-

[1]) Bot. Ztg. 1861, S. 97, cit. in Solereder, System. Anatomie der Dicotyledonen, S. 875.

[2]) E. Fremy, Chimie végétale; La Ramie, Paris 1886. — Grothe, Chinagras und Nesselfasern. — C. Hassack, Ramie, ein Rohstoff der Textilindustrie. Jahresber. der Wiener Handelsakademie 1890. Diese Arbeit gibt eine erschöpfende Darstellung der Verbreitung und Cultur der Pflanze, sowie eine ausführliche Beschreibung der Faser. — Idem, Die Ramie, Zeitschr. für die gesammte Textilindustrie, Jahrgang 1898/99, Nr. 13, 14, 16, 17, 20. — A. Schulte im Hofe, Die Ramiefaser und die wirthschaftliche Bedeutung für die deutschen Kolonien, Berlin 1898. —

amerika[1]) im Grossen cultivirt; die Faser wird gegenwärtig hauptsächlich mit Entfaserungsmaschinen gewonnen, in China noch mit Handarbeit.

Die Rohfaser oder der Bast besteht aus schmalen, gelbgrauen oder grünlichgelben Bändchen oder Faserbündeln. Aus diesen wird der Spinnstoff, die „cotonisirte" Ramie dargestellt, der blendend weisse, sehr feine, fast seidig glänzende Fasern bildet. Diese Fasern bestehen entweder nur aus einzelnen Bastzellen oder aus kleinen Bastzellgruppen. Die Länge der Zellen beträgt über 2 dm, nach Hassack durchschnittlich 15—25 cm, in einzelnen Fällen sogar bis 58 cm, die Breite 20—80 μ; die Ramiebastzelle gehört daher zu den breitesten der technisch verwendeten vegetabilischen Fasern. Schon darin liegt ein vorzügliches Erkennungszeichen dieses Rohstoffes. Die Zellwände sind mässig dick, weit schmäler als das Lumen; sie sind auffällig gefaltet und gequetscht (Fig. 67) und zeigen namentlich in der Flächenansicht Risse und Spalten (r), die oft mit dunkleren Querlinien sich kreuzen; das breite Lumen, die gefalteten und gestreiften Wände und die Längsrisse in denselben sind auffällige Eigenschaften der Ramie. Als Inhalt finden sich blassgelbe, feinkörnige Massen vor. Gegen die Spitze zu wird die Faser schmal, das Lumen geht schliesslich in eine Linie über (B), die Enden sind stumpf. Da die Fasern abgeplattet sind, so zeigen sie das breite Lumen nur, wenn sie auf der Breitseite liegen; auf der Schmalseite liegende Fasern zeigen ein linienförmiges Lumen und sehr dicke Wände[2]).

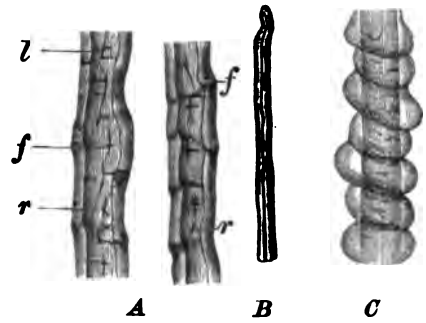


Fig. 67. Ramie, Längsansicht. A und B im Wasser, C nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. A Mittelstücke, B Endstück. f Quetschfalten, r Längsrisse, l Lumen.

H. Semmler, Trop. Agricultur, Band III, S. 665. — Wiesner, Rohstoffe, S. 386. — v. Höhnel, l. c. S. 41. — Moeller, Polytech. Ztg. 1883, Nr. 34. — Autor in Realencyklopädie, Band II, S. 698. — Favier, Les orties textiles, Paris 1881.

[1]) Dodge, The cultivation of Ramie in the United States. U. S. Dep. of Agriculturs Report 1895, VII, 63.

[2]) Hassack (l. c. S. 12) gibt folgende Masse an: Die Breite der Faser beträgt 20, im Maximum 82 μ, gewöhnlich 40—60 μ; die des Lumens 21 – 45 μ, letzteres ist also ½—⅓ der Gesammtbreite, die Wandstärke ist 9 μ. — Die zwei verschiedenen Ansichten der Faser (auf der Breit- und Schmalseite) nimmt H. als ein charakteristisches Merkmal für Ramié an. Werthvoller erscheint mir jedoch in erster Linie die enorme Breite.

In Kupferoxydammoniak quillt die Faser unter Bläuung mächtig auf, ohne aber Tonnenfiguren zu zeigen oder sich vollständig aufzulösen. In Jod färbt sie sich gelb, der Inhalt goldbraun, sehr selten so dunkel, dass man ihn als blauschwarz oder braunviolett ansehen kann. Mit Jod und Schwefelsäure behandelt, zeigt die Faser einen breiten, aber wenig angegriffenen gelbgrünen Innenschlauch, der von der blauen, wulstig aufgetriebenen Celluloseschicht spiralig umlagert erscheint (Fig. 67, C). Die Querschnitte (Fig. 68) sind theils einzeln, theils zu 4—8 vereinigt; die Verbindung ist eine lose. Die Contouren sind länglich, unregelmässig gerundet, polygonal, im Allgemeinen nach einer Richtung viel länger, als nach der darauf senkrechten; in der Querschnittsfläche ist mitunter eine Schichtung angedeutet; radiale Sprung-

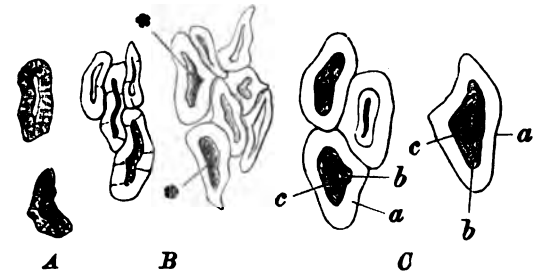


Fig. 68. Ramie-Querschnitte. A und B in Wasser, A Einzelquerschnitte mit radialen Streifen, B Gruppen, bei * gelber feinkörniger Inhalt. C nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. C a tiefblauer ungeschichteter Mantel, C b hellblaue geschichtete Partie, c Lumen mit gelbgrünem Innenschlauch und goldgelbem Inhalt.

linien und Spalten sind dagegen reichlich vorhanden (Fig. 68, A). Mit Jod und Schwefelsäure behandelt (Fig. 68, C) werden die Querschnitte blau und zeigen keine gelbe Umrandung. Bei sorgfältiger Behandlung kann man folgende Schichten beobachten: Zu äusserst einen breiten, dunkelblauen, nicht geschichteten, zerfliessenden Saum (Fig. 68, C, a), eine lichtblaue, deutlich geschichtete, schmälere Partie (C, b) und den stellenweise gelblichgrünen Innenschlauch.

Sehr ähnlich ist die Roafaser von der auf den Südseeinseln einheimischen Urticacee Pipturus argenteus gebaut.

Die Faser des Papiermaulbeerbaumes (Tapafaser).

Japanische (und mitunter auch chinesische) Papiere werden häufig aus den Bastfasern des Papiermaulbeerbaumes (Broussonetia papyrifera [L.] Vent., Moraceae) verfertigt. Auch Br. Kämpferi Sieb. et Zucc. liefert eine sehr ähnliche, gleichfalls viel gebrauchte Faser.

Die technische Faser ist verschieden lang, schmutzigweiss oder gelblich und enthält nebst den Bastfasern noch ziemlich reichlich parenchymatische Elemente. Die Bastfasern [1]) sind 1—2 cm und darüber lang, farblos, selten gelblich und entweder ähnlich der Flachs- und Hanffaser dickwandig und mit schmalem Lumen versehen (Fig. 69, f), oder wie die Baumwolle bandartig mit schwächeren Wänden und weitem Lumen. Die dickwandigen Zellen können wieder ziemlich breit (20—30 μ) oder sehr dünn (12—15 μ) sein, ihre Enden sind

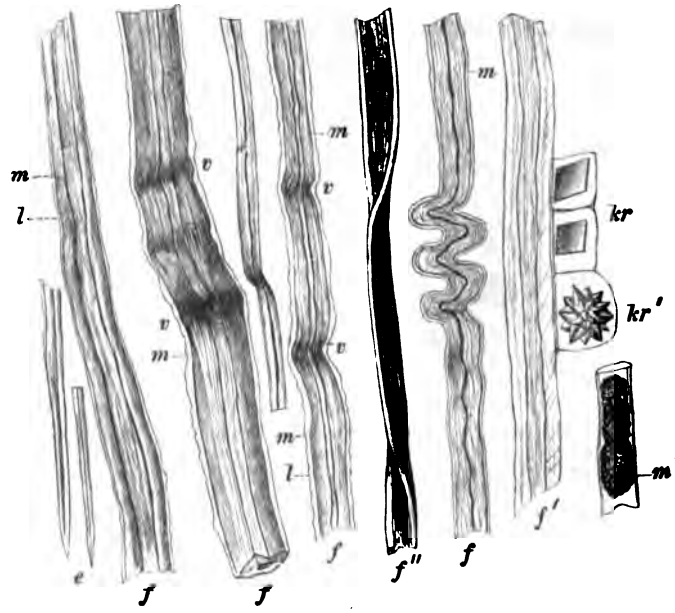


Fig. 69. Papiermaulbeerbaumfaser von Broussonetia papyrifera. f dickwandige Fasern, e Endstücke, m scheidenartige Umhüllung (Aussenlamelle), l Lumen, v Quetschfalten (Verschiebungen); f' und f'' bandartige dünnwandige Fasern, f'' baumwollartig eingeschlagen; ms Stück eines Milchsaftschlauches, kr und kr' Oxalatkrystalle.

scharf spitzig (Fig. 69, e). An allen sind Verschiebungsfalten sehr deutlich ausgeprägt (v), an manchen Fasern treten wellenförmige Verkürzungen auf. Ist die Längsstreifung gut entwickelt, so wird das Lumen undeutlich und die Faser der Hanffaser sehr ähnlich. Als das wichtigste Merkmal ist eine scheidenartige Umhüllung (Fig. 69, m) anzusehen, die wie eine dünne Haut locker die Faser umgibt und wie diese auch nur aus Cellulose zu bestehen scheint. Ihrer Bedeutung nach ist sie als die Aussenlamelle aufzufassen. Die nur selten vorkommenden bandförmigen Fasern sind oft der Länge

[1]) v. Höhnel, l. c. S. 46. — Autor in Realencyklopädie, Band VII, S. 651.

nach über einander gefaltet (Fig. 69, f''), wodurch die Aehnlichkeit mit der Baumwolle noch schärfer hervortritt.

Als Begleiter der Faser sind die zahlreichen, kurz prismatischen Oxalatkrystalle, die morgensternartigen Krystalldrusen und farblose Schläuche mit geballt-körnigem, von Jod gelb gefärbtem Inhalte (Fig. 69—70, ms) zu nennen.

Die Querschnitte kommen einzeln und zu verschieden grossen Gruppen vereinigt vor; sie sind schmal-dreieckig oder gestreckt polygonal mit abgerundeten Ecken und länglichem Lumen, zeigen eine deutliche Schichtung und sind von der Aussenlamelle lose umhüllt; da sie

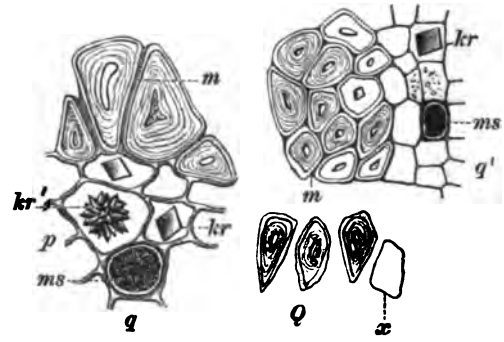


Fig. 70. Papiermaulbeerbaumfaser. Querschnitte grosser Fasern q, schmaler Fasern q'; Q Einzelquerschnitte. m scheidenartige Aussenlamelle, ms Milchsaftschlauch, kr Einzelkrystalle, kr' Krystalldruse von Calciumoxalat; p Parenchymzellen; bei x nur die scheidenartige Hülle nach Herausfallen des Faserquerschnittes.

mitunter ausfallen, so findet man im Präparate auch die leeren Scheiden (x). Die Querschnittsgruppen bestehen entweder aus wenigen, aber grossen Querschnitten (Fig. 70, q) oder aus zahlreichen kleinen, die ziemlich fest an einander haften; beiden schliessen sich Parenchymreste und Milchsaftschläuche an.

Diese vielgestaltige Entwicklung wird an einem Rindenquerschnitt [1]) klar. Innerhalb des Rindenparenchyms und einer ziemlich breiten Kollenchymschichte liegt ein breiter, continuirlicher Sklerenchymfasergürtel, dem die grossen Fasern (q) angehören; da deren Zusammenhang ein verhältnissmässig lockerer ist, so ist es begreiflich, dass man an Querschnitten nur wenige dieser Bastzellen zu Bündeln vereinigt findet. Dem geschlossenen Fasergürtel lagert sich ein zartes Parenchym an, welches wieder cylindrische isolirte Bastbündel um-

[1]) Vergl. Moeller, Anatomie der Baumrinden 1882, S. 82 und Solereder, Syst. Anatomie etc. S. 871.

schliesst, diese setzen sich aus den schmalen flachsähnlichen Bastzellen zusammen.

Durch Jodlösung werden die Fasern rothbraun gefärbt, durch Jod und Schwefelsäure tiefblau. Sie sind gänzlich unverholzt. Im Papiere, das aus dieser Faser erzeugt wird, findet man auch häufig Bestandtheile des Holzes und des Markes (vergl. Untersuchung des Papieres S. 112).

b) Fasern monokotyler Pflanzen.

Manilahanf.

Musa-, Bananenfaser, Plantain oder Platano fibre, Siam hemp, Menado hemp, Abaca, White rope.

Darunter versteht man die aus dem Scheinstengel [1]) der Faserbanane, Musa textilis, Luis Née (M. mindanensis Rumph) abgeschiedene Faser. Die Philippinen allein produciren eine für den Handel genügende Fasermenge. Die Scheinstämme werden nach Semler [2]) gefällt, von den Blättern befreit und in schmale, 5—8 cm breite Längsstreifen zerschnitten, welche dann noch frisch so lange geschabt werden müssen, bis die Fasern freigelegt sind. Die getrockneten und geklopften Fasern werden in drei Sorten [3]) geschieden. Die grobe Faser ist gegen 7 m, die feinere 1—2 m lang; sie ist etwas steif, sehr zähe, glänzend, gelblich- bis bräunlichweiss und meistens so glatt und gleichmässig im Verlaufe, dass der Vergleich dieser Faser mit einem langen, mässig starken Haar (Rosshaar) nicht unpassend erscheint. Manilahanf ist verholzt und besteht aus Bastfasern, Parenchymzellen und Gefässen. Letztere sind nur spärlich vorhanden und besitzen je 1 oder 2 Spiralbänder.

---

[1]) Die Musa-Arten sind durch ihre grossen Blätter sehr auffällige, als Zierpflanzen geschätzte riesige Kräuter mit einer unterirdischen Axe, einem Rhizom, „aus welchem die mit sehr langen Scheiden und auch häufig langen Stielen versehenen Blätter ausgehen und in den meisten Fällen in der Weise zusammengerollt sind, dass sie einen Scheinstengel, oft in der Höhe vieler Meter, bilden.“ (Petersen in Engler-Prantl, Pflanzenfamilien II, 6, S. 1 und 7.)

[2]) Tropische Agricultur, Band III, S. 712.

[3]) Die Sorten sind 1. Bandala, die von den äusseren Scheinstengeltheilen kommenden gröbsten und kräftigsten, zu Seilerarbeiten bestimmten Fasern. 2. Lupis, die Fasern der mittleren Stammtheile. 3. Tupoz, die der innersten Region, die feinsten und schwächsten. Eine Pflanze liefert 0,5 kg Fasern. Lupis und Tupoz dienen für die heimischen Webereien; das Gewebe der gröberen Fasern heisst Guimara. Der Manilahanf liefert die besten Schiffstaue.

Die Bastzellen [1]) sind glatt, ziemlich dünnwandig, so dass das Lumen drei bis viermal breiter als die Wand dick ist. Der Verlauf des Lumens ist ein durchaus regelmässiger (Fig. 71, f und f'), die Enden sind sehr spitz und fein (e). Breite 12—40 μ, meist 21—30 μ. Querschnitte in Gruppen, polygonal, die Ecken immer abgerundet, das Lumen erscheint immer rundlich, mitunter mit Inhalt (q', i). Einzelne Querschnittsgruppen besitzen Zellen mit grossem Lumen und dünnen Wänden (q), andere setzen sich aus mehr dickwandigen Zellen (q')

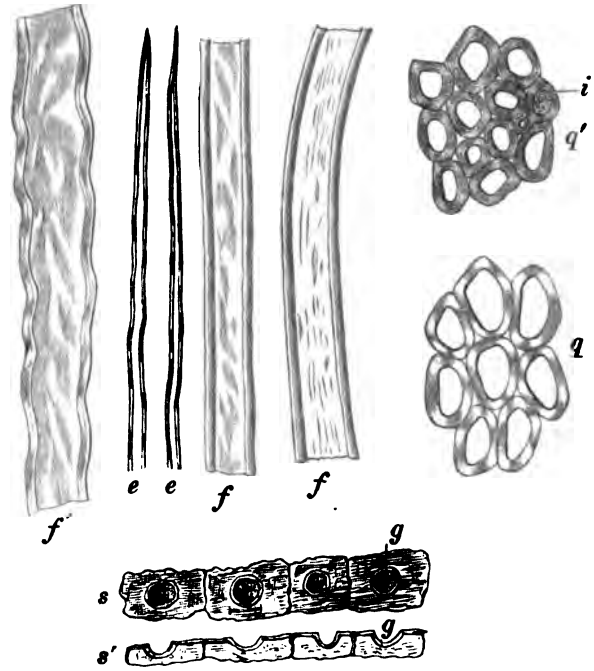


Fig. 71. Manilahanf. f Faserstücke, Längsansicht. — f' gequetscht, e Endstücke. — q Querschnitte von gröberen, q' solche von feineren Fasern, bei i eine mit Eiweisskörpern versehene Faser. s Stegmata (aus der Asche) von der Fläche, s' von der Seite, g Vertiefung der Stegmata.

zusammen. Jod und Schwefelsäure färben gelb, ohne eine Aussenlamelle (durch dunklere Farbe) anzudeuten. Mit dem neuseeländischen Flachs und mit Sisal und Pita hat Manilahanf eine grosse Aehnlichkeit; von ersterem unterscheidet er sich durch das Lumen, von letzterem durch die Enden der Faserzellen. Ganz ausgezeichnet aber charakterisirt ist Manilahanf durch das Vorkommen von verschieden langen, meist einfachen Reihen dicker, stark verkieselter

[1]) Wiesner, Rohstoffe, S. 431. — v. Höhnel, l. c. S. 50. — Autor, Realencyklopädie, Band VI, S. 540.

Plättchenzellen, der sog. Stegmata, welche die Faserbündel umgeben, also den Fasern anliegen. Wenn man ein Bündel mit Chromsäure behandelt oder verbrennt und die Asche mikroskopisch untersucht, findet man Reihen von quadratischen oder rechteckigen Zellen (Fig. 71, s und s'), die an der Oberseite eine halbkugelige Vertiefung (g) besitzen; bei oberflächlicher Beobachtung machen diese Grübchen den Eindruck eines kugeligen, glasigen Körpers. Zieht man nach v. Höhnel „die Faser mit Salpetersäure aus, verascht sie dann und behandelt die Asche mit verdünnter Säure, so erscheinen die Stegmata in Form von perlschnurförmigen, oft langen Strängen mit länglichen, oft wurstförmigen Gliedern".

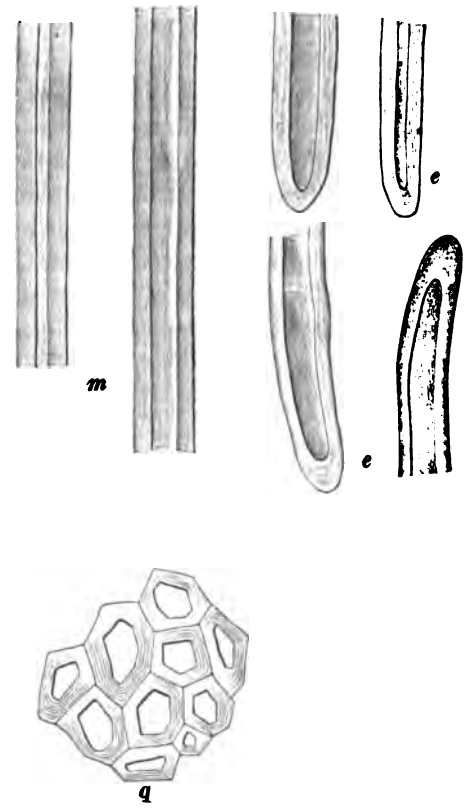


Fig. 72. Pitahanf von Agave americana. m Mittelstücke, e Enden, q Querschnittsgruppe.

Pita und Sisalhanf [1]).

Pita, Pitefaser, Matamoros, Tampicohanf ist die aus den Blättern verschiedener Agavearten dargestellte spinnbare Faser. Hauptsächlich ist es A. americana L., die diesen Stoff liefert; doch werden auch noch A. mexicana Lam., A. vivipara L. u. a. genannt. Mexico ist der Mittelpunkt der Piteindustrie.

Von Yucatan und den westindischen Inseln kommen Agavefasern auf den Markt, die nach dem Ausfuhrhafen Sisal auf Yucatan Sisalhanf (Hanfgras, mexikanisches Gras, Seidengras, Henequen und Losquil, im Wiener Handel „Fibris" oder „Fiber") heissen. Nach Semler baut die Bevölkerung sieben verschiedene Agavearten an, von denen die Chelem (Agave Sisalana Mill.), Yaschki (Agave sp.) und Sacci

[1]) v. Höhnel, l. c. S. 51. — Autor, Realencyklopädie, Band VIII, S. 243.

die bemerkenswerthesten sind, dagegen Cajun (Cajum, botan. Fourcroya cubensis Jacq. und Fourcroya gigantea Vent.) nur grobe Fasern liefert. Wie Gürke[1]) nachweist, stammt der Sisalhanf von Agave rigida, und deren Varietät sisalana, ferner von A. elongata; auch soll die schon genannte Fourcroya gigantea den Mauritiushanf liefern, der bisher als von Aloe-Arten abstammend angesehen worden war.

Im Handel scheint zwischen Pite und Sisal keine scharfe Unterscheidung gemacht zu werden, obwohl man gröbere und feinere Sorten von „Fibris“ kennt. Die mikroskopische Untersuchung zeigt übrigens auch, dass die Fasern der verschiedenen Agave-Arten mikroskopisch keine auffälligen Unterschiede aufweisen.

Die technische Faser ist gelblichweiss oder weiss und besteht aus Faserzellen, grossen Spiroiden und Oxalatkrystalle führenden Parenchymzellen; letztere sind zumeist zerstört, und die Krystalle, bis 0,5 mm lange, an den Enden meisselartig zugeschärfte Prismen, liegen in Längsreihen auf den Fasern; häufig sind sie in Stücke zerbrochen; sie bilden ein sehr charakteristisches Merkmal, und an den groben Fasern, die jetzt zu Bürsten in reichlichem Masse verwendet werden, kann man die glänzenden Krystalle oft mit freiem Auge beobachten. Die Sklerenchymfaserzellen des Pitahanfes (Fig. 72) sind sehr gleichförmig gebaut; die Wände meistens dünn, das Lumen breit, die Enden stumpf und breit, sehr selten gegabelt, oft auffällig verdickt. Breite 17—28 μ, meist 22—23 μ. Jod und Schwefelsäure färben braungelb, die Faser ist stark verholzt. Die Querschnitte schliessen fest an einander, sind scharfkantig polygonal mit einem grossen abgerundet polygonalen Lumen; Mittellamelle lässt sich nicht nachweisen. Stegmata fehlen. Einzelne Fasern zeigen Risse oder Querspalten. Man findet auch kurze, dickwandige Fasern mit kurzspitzen Enden. Solche

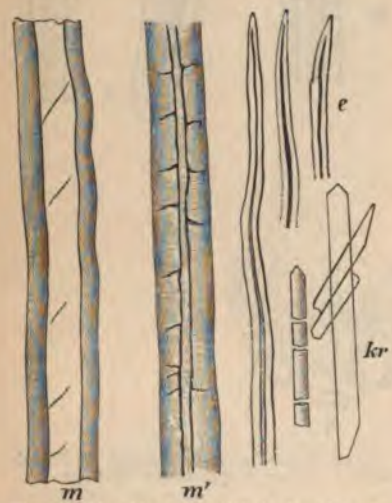


Fig. 73. Sisalhanf. m Stück einer langen weitlichtigen, m' einer kurzen dickwandigen Faser, e Enden, kr Calcium-Oxalatkrystalle und Bruchstücke von solchen.

[1]) Notizblatt des kgl. botan. Gartens zu Berlin 1896 Nr. 4.

und wie es scheint, in grösserer Anzahl sind auch im Sisalhanf (Fig. 73) enthalten. Sie besitzen ein schmäleres Lumen, deutliche Poren und zugespitzte oder verschmälerte Enden. Fig. 73 zeigt diese Faserzellen und einige Krystalle, wie sie allen Agavefasern eigen sind.

Die Faser dient als Ersatz des werthvolleren Manilahanfes zu Seilerwaaren, ferner zu Bürsten und als Papierstoff.

Neuseeländischer Flachs[1]).

Die Blätter der auf Neuseeland und der Norfolkinsel heimischen und daselbst cultivirten ausdauernden Flachslilie, Phormium tenax Forst. (Chlamydia Banks), liefern den neuseeländischen Flachs, dessen Anwendung gegenwärtig durch die Agavefasern sehr zurückgedrängt worden ist. Die Rohfaser sieht dem Manilahanf ähnlich, sie ist verholzt und färbt sich, aber nicht immer, mit rauchender Salpetersäure roth (Barreswille); sie besteht grösstentheils aus Sklerenchymfaserbündeln. Das Blatt von Phormium besitzt nämlich unter der mächtig cuticularisirten Oberhaut mehrere Reihen von Parenchymzellen, welche isolirte Faserbündel umschliessen (Fig. 74, Q); da die umlagernden Parenchymzellen mit dem Bündel in festem Zusammenhang stehen, so findet man an den Fasern sehr häufig (sowohl in der Längsansicht, Fig. 74, f, p, als auch im Querschnitt, q, p) diese Parenchymzellen festhaftend vor; hie und da hängen an den Bündeln auch noch Reste der Epidermis mit fast rechteckigen spröden glänzenden Epidermiszellen. Die Faser der isolirten Bündel ist glatt, stark verdickt, das Lumen schmäler als die Wand (f), inhaltslos, die Enden meist spitz und stark verdickt, bezw. lumenlos; sehr selten findet man ein mehr stumpfliches Faserende (e). Die Querschnitte hängen ziemlich fest an einander, sind rund oder abgerundet polygonal, das Lumen sehr klein, kreisrund oder oval.

Ausser diesen, soeben beschriebenen Fasern findet man noch solche mit weitem Lumen und dünneren Wänden (q'), die übrigens auch mit dickwandigen Bastzellen zusammen vorkommen; mitunter haften noch poröse langgestreckte Parenchymzellen daran (f', p'). Diese entstammen dem Basttheil der Gefässbündel, die innerhalb der isolirten Faserbündel liegen. Gefässe kommen nur in Verbindung mit diesen Fasern vor und es ist daher begreiflich, dass Gefässe nur spärlich gefunden werden können. Breite der Faserzellen 10—18 μ, meist 16 μ. Streifen, Knoten, Quetschfalten fehlen.

[1]) v. Höhnel, l. c. S. 49. — Autor, Realencyklopädie, Band VII, S. 316.

Der neuseeländische Flachs ist der Aloefaser (Mauritiushanf, vergl. S. 92) und der Sansevieriafaser (Bogenstranghanf), die sich durch polygonale Querschnitte auszeichnen, sehr ähnlich.

Die mikroskopische Untersuchung des Papieres [1]).

Das Papier ist ein aus fein zertheilten Fasern gewonnenes Filzblatt, das als Schreib-, Druck- und Packmaterial die umfangreichste

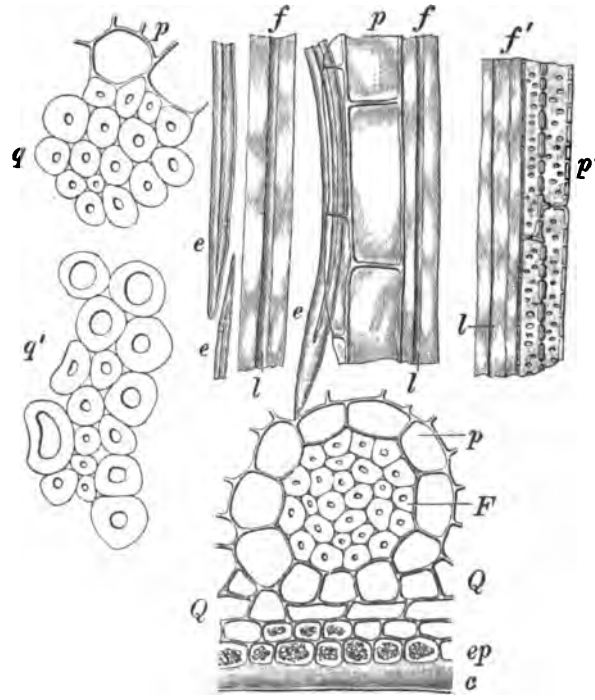


Fig. 74. Neuseeländischer Flachs. f Faserstücke der isolirten Sklerenchymbündel, f' des Gefässbündels, e Endstücke, p Parenchym, das die isolirten Bündel umgibt. p' poröse Elemente aus den Gefässbündeln, q Querschnitte der isolirten Bündel, q' Querschnitte von Bastzellen des Gefässbündels. — Q Querschnitt durch ein Rohfaserbündel: ep Epidermis mit Cuticula c, F isolirtes Sklerenchymbündel, p Parenchym.

Verwendung findet. Das beste Material zur Papiererzeugung sind die Hadern (Lumpen), die von Leinen-, Baumwoll-, Hanf- und

[1]) v. Höhnel, Mikroskopie etc., S. 72. — Wiesner, Die mikroskopische Untersuchung des Papieres mit besonderer Berücksichtigung der ältesten oriental. und europ. Papiere. Im II. und III. Bande der Mittheilungen aus der Sammlung des Papyrus Erzherzog Rainer, Wien 1887. — Hoyer, Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung, München 1882. — E. Kirchner, Das Papier, I. Theil, Die Geschichte der Papierindustrie und Allgemeines über Papier. Herausgegeben vom Verleger des Günther-Staib'schen Wochenblattes für Papierfabrication in Biberach, 1897.

anderen Pflanzenfasergeweben herrühren. Das feinste Papier liefern Leinenhadern. Allerdings verfertigt man auch aus den noch ungebrauchten Leinen- und Hanffasern Papiere, die sich durch besondere Festigkeit auszeichnen; aber diesen fehlt die schöne weisse Farbe und sie sind ausserdem ziemlich kostspielig.

Warum diese Papiere zu den besten gehören müssen, ist leicht einzusehen. Da für ein gutes, d. h. zunächst dauerhaftes Papier, welches den atmosphärischen Einflüssen am längsten Widerstand leisten kann, und wenn auch mit der Zeit etwas vergilbend, doch sich nicht bräunen, wie verbrannt aussehen und nicht zerbröckeln darf, die (schon ursprünglich mehr oder weniger reine) Cellulose das unübertroffen beste Rohmaterial ist, so ist es klar, dass alle Papiere, die andere als die Cellulosereactionen zeigen, zu den weniger haltbaren gerechnet werden müssen. Dahin gehören insbesondere jene Papiere, deren Fasern durch einen Ligningehalt sich auszeichnen, also die Papiere aus verholzten Fasern.

Ueber die chemische Beschaffenheit des Lignins oder der Holzsubstanz[1]) herrscht noch wenig Klarheit. Es ist wahrscheinlich ein Gemenge verschiedener chemischer Individuen, von welchen nach den Untersuchungen von v. Höhnel[2]) und Max Singer[3]) zwei bekannt sind, das Coniferin und das Vanillin[4]); G. Lange hat zwei Ligninsäuren beschrieben und neuestens ist es Czapek[5]) gelungen, ein Verfahren ausfindig zu machen, mit welchem diejenige Substanz isolirt werden kann, welche die Holzreaction gibt. Diese besteht bekanntlich darin, dass durch Lösungen gewisser Phenole unter Einwirkung von concentrirter Salzsäure die verholzten Membranen gelb, grün, violett, blau oder roth, durch neutrale oder saure Lösungen aromatischer Amine gelb gefärbt werden. So färben z. B. Anilinsulfat oder Anilinchlorid citronengelb, Phloroglucin und Salzsäure kirschroth, Pyrrol und Salzzäure, ferner Indol und Schwefelsäure

---

[1]) Vergl. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, 1889, S. 174. — Zimmermann, Die Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle, 1887, S. 124.

[2]) Histochemische Untersuchungen über das Xylophilin und das Coniferin. Sitzungsber. d. Wiener Akademie, Band 67, I, S. 663.

[3]) Beiträge zur näheren Kenntniss der Holzsubstanz etc. Ebenda, Band 85, I, S. 345.

[4]) Das Coniferin ist ein Glykosid, das Vanillin stellt ein Spaltungsproduct des ersteren vor und ist als primärer Methyläther des Protocatechusäurealdehydes aufzufassen (cfr. Husemann, Pflanzenstoffe, 2. Aufl., Berlin 1882, S. 338).

[5]) Ueber die sog. Ligninreactionen des Holzes. Zeitschr. f. physiologische Chemie, Band 27, 1899, S. 141—166.

ebenfalls kirschroth, Phenol in concentrirter Salzsäure grün bis blau, Thymol und Salzsäure und etwas Kaliumchlorat blau. Mitunter färben sich verholzte Elemente in Früchten (Kaffeefrucht) oder in Rinden schon bei einfachem Zusatz von concentrirter Salzsäure roth, woraus man auf ein Vorkommen von Phloroglucin in den betreffenden Pflanzentheilen schliesst. Czapek hat darauf hingewiesen, dass diese sog. Holzstoffreagentien die chemische Natur des Lignins nicht aufklären können, denn man erhält z. B. mit Phoroglucin und Salzsäure Rothfärbung bei Phenolen (Eugenol, Safrol, Anethol), bei Alkoholen (Styron, Coniferylalkohol, Syringenin), Aldehyden und Säuren (Kaffeesäure, Ferulasäure). Das Verfahren von Czapek, die fragliche Substanz zu isoliren, ist folgendes: „Kocht man Holzfeilspähne einige Minuten mit Zinnchlorürlösung und versucht nach Erkalten der Probe die Phloroglucinreaction, so ist zu beobachten, dass nicht allein das Holz sich roth färbt, sondern auch die darüber stehende Flüssigkeit roth wird. Schüttelt man die mit Zinnchlorür behandelte Probe erst mit Aether oder Benzol aus und untersucht dann das Extractionsmittel, so ist an der intensiven Phloroglucinreaction zu erkennen, dass die chromogene Substanz durch Zinnchlorür abgespalten wurde und sich nun mit Benzol, Aether und anderen Mitteln extrahiren lässt.“ Auch kalt gesättigte Natriumbisulfitlösung wirkt ähnlich ein. Aus 1 kg Holz erhält man eine sehr geringe Menge der Substanz, welche von Czapek nach dem (später beim Holz zu erörternden Ausdruck) Hadrom als Hadromal bezeichnet wird. Die Ligninreactionen werden wahrscheinlich durch eine Verbindung des Hadromal, vielleicht durch einen Hadromalcelluloseäther hervorgerufen.

Wir werden also die Untersuchung des Papieres mit der Vorprobe auf verholzte Fasern beginnen. Tritt keine Färbung mit Phloroglucin und Salzsäure ein, so erscheinen Holzschliff oder Jute und ähnliche Faserstoffe ausgeschlossen. Es darf hierbei aber nicht ausser Acht gelassen werden, dass auch ein dem Papier anhaftender Zucker eine Farbreaction hervorrufen würde. Es muss also unter Umständen das Papier gut ausgewaschen werden.

Tränkt man nach v. Höhnel[1]), schwedisches, aus reiner Cellulose bestehendes Filtrierpapier mit einer Rohrzuckerlösung und behandelt es nach dem Trocknen mit Phloroglucin und Salzsäure, so bleibt es zunächst farblos; sobald es aber trocken geworden, erscheint

[1]) Ueber die Holzstoffreaction bei der Papierprüfung. Centralorgan für Warenkunde und Technologie 1891, Heft 5, S. 219—221.

es intensiv rosenroth gefärbt und verhält sich mithin geradeso, als ob es aus einem ligninhältigen Papierstoff erzeugt worden wäre.

Auch Holzcellulose, die noch Spuren von Lignin besitzt, zeigt eine starke Rothfärbung, wenn sie mit Phloroglucin und Salzsäure behandelt und bei 100—110° C. rasch getrocknet worden ist. Wir ersehen daraus, dass diese Vorprobe niemals die mikroskopische Untersuchung ersetzen kann oder dieselbe überflüssig macht.

Hiemit lässt sich auch die Prüfung auf die Leimungsart des Papieres verbinden. Es können hauptsächlich nur drei Leimungsarten in Betracht gezogen werden: Die Leimung mit thierischem Leim, mit Stärke und mit Harzverbindungen. Handelt es sich um den Nachweis von thierischem Leim, so ist die Probe mit dem Millon'schen Reagens gewöhnlich ausreichend. Da der thierische Leim, wie er in der Papierfabrication zur Verwendung kommt, niemals eine reine Gallerte bildet, sondern stets Spuren von Eiweisskörpern enthält, so wird ein mit demselben geleimtes Papier, mit dem salpetersauren Quecksilber behandelt, alsbald eine rosen- bis ziegelrothe Färbung zeigen. Selbstverständlich ist hiebei vorausgesetzt, dass das Eiweiss nicht eine andere Provenienz hat, etwa in den Pflanzenzellen vorkommt oder gar mit der Stärke beigemischt worden ist, im Falle nämlich das Papier mit sehr unreiner, noch Kleber etc. enthaltender Stärke geleimt worden wäre. Ein solches Vorkommen von Eiweisskörpern würde mikroskopisch leicht festgestellt werden können.

Besonders einfach und sicher ist der Nachweis der Stärkeleimung mit Jod; allerdings soll die Blaufärbung mitunter ausbleiben, wenn nämlich fermentativ wirkende Organismen vorhanden sind; doch hebt eine kurze Behandlung mit Salzsäure deren Einfluss auf und die Blaufärbung tritt darauf sofort ein. Pergamentpapier wird mit Jod ebenfalls blau gefärbt, weil die Membranen der Fasern in Amyloid umgewandelt worden sind, welches, sowie die Stärke, direct die Jodreaction gibt.

Die vegetabilische oder Harzleimung mit Harz und harzsaurer Thonerde wird gegenwärtig am meisten angewendet[1]). Im

[1]) Zur Herstellung des vegetabilischen Leimes wird Fichtenharz (gewöhnlich Kolophonium) mit krystallisirter Soda gekocht. Man erhält bei Anwendung von weniger Soda, als nöthig wäre, um eine vollständige Verseifung des Harzes durchzuführen, eine milchige Flüssigkeit, den sog. weissen Leim. (Bei vollständiger Verseifung entsteht eine klare, neutrale Harzseife, der braune Leim.) Es ist leicht einzusehen, dass in dem weissen Leim noch freie Harztheilchen vorhanden sein müssen. Setzt man nun demselben Alaun zu, so wird das freie Harz und angeblich auch harzsaure Thonerde abgeschieden. Wahrscheinlich ist es hauptsächlich das freie Harz, welches die Leimung bewirkt, weil bekanntlich die Harz-

harzgeleimten Papier ist immer noch freies Harz vorhanden und darauf gründet sich der von Wiesner und Molisch angegebene Nachweis dieser Methode. Behandelt man Eiweisskörper, Harze, Fette mit Zuckerlösung und Schwefelsäure, so nehmen diese Substanzen eine intensiv rothviolette Färbung an (Raspail'sche Reaction). Alle harzgeleimten Papiere geben diese Reaction. Es genügt oft schon ein Tropfen Schwefelsäure, um auf dem Papier eine Violettfärbung hervorzurufen. Für Holzschliffpapiere ist das angegebene Verfahren aber nicht brauchbar, weil diese von concentrirter Schwefelsäure sofort dunkelschmutziggrün gefärbt werden.

Die früher am meisten angewendete Methode, die Harzleimung nachzuweisen, beruht auf der Unlöslichkeit des Harzes im Wasser; wird eine alkoholische Lösung von Harz mit viel Wasser verdünnt, so wird die Flüssigkeit durch das hiebei sich ausscheidende Harz milchig getrübt.

Herzberg [1]) hat ein sehr einfaches, und wie es scheint, sehr sicheres Verfahren zum Nachweise der Harzleimung angegeben. Lässt man auf ein harzgeleimtes Papier einige Tropfen Aether fallen und dieselben verdunsten, so wird dort, soweit der Aether geflossen ist, ein im durchfallenden Lichte helldurchscheinender Rand entstehen. Derselbe rührt von dem aufgelösten Harz her. Bei rein thierisch geleimten Papieren entsteht kein Rand, bei gleichzeitig vegetabilisch und thierisch geleimten tritt der Rand weniger deutlich auf.

Dem Harzleime wird immer etwas Stärke beigemischt; diese hat die Aufgabe, den Leim dickflüssig zu machen und die Bildung grösserer Harztropfen zu verhindern. Man darf daher bei der mikroskopischen Beobachtung aus dem Vorhandensein von Stärke nur dann auf eine Stärkeleimung schliessen, wenn die Probe auf Harzleim negativ ausfällt und ausserdem die Stärkemenge eine verhältnissmässig grosse ist.

Die mikroskopische Bestimmung der Papierfasern ist eine der schwierigsten Untersuchungen [2]). Denn infolge der Zubereitung des

---

leimung nicht im Holländer (in welchen der Leim gegossen wird), sondern erst auf den Trockentrommeln der Papiermaschine vollendet wird, wobei — offenbar durch die Wärme — die Harztheilchen schmelzen, zwischen den Fasern sich ausbreiten und diese fest binden.

[1]) Herzberg, Ueber eine einfache Methode zum Nachweis der Harzleimung im Papier. Mittheilungen aus der mechan.-techn. Versuchsanstalt, Charlottenburg, 1892, S. 80.

[2]) Eine hübsche Zusammenstellung der gebräuchlichsten Prüfungsmethoden für das Papier enthält Herzberg's Vortrag „Der heutige Stand der Papierprüfung", Sonderabdruck aus der Papier-Zeitung, Berlin 1892.

Papierstoffes sind die Fasern den Angriffen theils mechanischer, theils auch chemischer Processe ausgesetzt gewesen und haben in ihrem Aussehen tiefgreifende Veränderungen erfahren, wie aus den unten folgenden Abbildungen zu ersehen ist.

Um nun die Bestimmung der Papierfasern zu erleichtern, sind mehrere Methoden in Anwendung gekommen, nach denen die Fasern in mehr oder minder scharf abgegrenzte Gruppen gefasst werden können. Eine solche Gruppirung ist in der Fähigkeit der Fasern begründet, Farbstoffe aufzuspeichern, speciell gegen Jod ein verschiedenes Verhalten zu zeigen. Je nachdem nun durch die Behandlung mit Jod die Fasern braun oder gelb oder gar nicht gefärbt werden, hat Herzberg die Gruppirung der wichtigsten Papierstoffe folgendermassen vorgenommen:

I. Gelbgefärbte Fasern: 1. Holzschliff, 2. Jute.

II. Farblose Fasern: 1. Holz-, 2. Stroh-, 3. Espartocellulose.

III. Braungefärbte Fasern: 1. Baumwolle, 2. Leinen, 3. Hanf.

In vielen Fällen ist aber eine scharfe Abgrenzung nicht zu erlangen und die Sicherheit des Urtheiles wird wesentlich beeinträchtigt. Eine weit genauere Methode der mikroskopischen Papierprüfung hat v. Höhnel[1]) auf die Anwendung der Cellulosereaction mit Jod und Schwefelsäure begründet und damit die Untersuchung in hohem Grade erleichtert. Es sei gestattet, das Verfahren mit des Entdeckers eigenen Worten hier mitzutheilen.

„Das Wichtigste ist die Concentration der Schwefelsäure. Am zweckmässigsten stellt man sich dieselbe durch praktische Versuche dar, welche in folgender Weise vorgenommen werden. Man nimmt aus weissen Hadern etwas Baumwolle und Leinenfasern, ferner etwas weisse Holzcellulose und weissen Strohstoff (oder ein Stück weissen Papieres, in welchem diese vier Fasern enthalten sind), kocht diese Fasern gemeinschaftlich in einem kleinen Becherglas durch einige Minuten mit 1—5proc. Kalilauge durch, wäscht dann die Lauge aus und benützt nun die so präparirten Fasern zu einigen mikroskopischen Präparaten. Diese stellt man sich in der Weise her, dass man von jeder Faser sehr kleine Quantitäten neben einander auf Objectträger bringt, so dass jedes Präparat aus den vier genannten Faserarten besteht. Nun wird (am zweckmässigsten) mit einem Stück sog. Fliessdeckels (einer Art dicken, pappeartigen Fliesspapieres) durch zweimaliges

[1]) v. Höhnel, Ueber eine neue Methode der mikroskop. Papierprüfung. Mittheilungen des k. k. Technolog. Gewerbe-Museums, Sect. f. chem. Gewerbe, Aprilheft 1889, S. 6—8.

3120768

starkes Andrücken das Wasser entfernt und dann wird ein Tropfen einer Jod-Jodkaliumlösung zugesetzt, welcher die Fasern (die nun dem Objectträger fest anliegen) ganz bedecken soll."

„Diese Jod-Jodkaliumlösung soll so concentrirt sein, dass eine etwa 3 cm dicke Schichte rubinroth und dabei klar durchsichtig erscheint. Diese Jodlösung lässt man nun durch etwa 1—2 Minuten einwirken und nimmt sie dann durch zweimaliges Abdrücken mit dem Fliessdeckel wieder weg, so dass nur jenes Jod im Präparate bleibt, welches von den Fasern absorbirt ist. Sobald auch nur geringe Mengen der Jodlösung zwischen den Fasern stehen bleiben, erhält man unreine und meist unbrauchbare Resultate. Deshalb ist es auch von der grössten Wichtigkeit, dass die Fasern keine Bündel oder Knäuel (Knoten) bilden; sie müssen stets sorgfältig mit Nadeln von einander isolirt werden, schon deshalb, damit die beiden Reagentien völlig gleichmässig auf alle Fasern einwirken können, denn nur dann kann selbstverständlich erwartet werden, dass jede Faser die richtige Reaction zeigt. Finden sich trotz aller Sorgfalt beim Präpariren doch noch Knoten vor, in welche die Reagentien nicht genügend eindringen konnten, so sind diese bei der nachfolgenden Untersuchung nicht zu berücksichtigen und nur die freiliegenden Fasern zu beachten. Das so mit Jod behandelte, aus vier Faserarten bestehende Präparat wird nun mit einem Tropfen verdünnter Schwefelsäure bedeckt. Hierauf wird das Deckglas aufgesetzt. Je nach der Concentration der angewendeten Schwefelsäure erhält man sehr verschiedene Resultate."

„Hat die Schwefelsäure genau die richtige Concentration, so färben sich Baumwolle, Flachs und Hanf (ferner auch weissgebleichte Jute, Chinagras und Papiermaulbeerfaser) schön rothviolett, während Holzcellulose und gewöhnliche weisse Strohcellulose rein blau oder graublau werden, so dass sich diese beiden Gruppen von Fasern höchst scharf und auffallend von einander scheiden. Hiebei tritt bei Anwendung der richtig concentrirten Schwefelsäure (welche ich im Folgenden als Papierschwefelsäure bezeichnen will) keine merkliche Quellung der Fasern ein und daher auch keine Deformation derselben. Ferner ist die Färbung der Faser so beschaffen, dass die Structurverhältnisse noch deutlicher als an der farblosen Faser hervortreten; man sieht die Verschiebungen der Leinenfasern, die Tüpfel der Holzcellulosefasern u. dergl. besser als ohne diese Reaction. Ferner hat letztere den Vortheil, dass die so gefärbten Fasern in einer farblosen Flüssigkeit liegen und sich ihre Färbung im Laufe einiger Stunden nicht verändert. Ist die Schwefelsäure zu concentrirt, so treten diese

Farbunterschiede zurück, es werden (je nach der Concentration) alle oder die meisten Fasern blau, sie quellen hiebei und werden eventuell gelöst. Im gegentheiligen Falle, wenn die Schwefelsäure zu verdünnt ist, werden alle Fassern roth, gelbroth, rothviolett etc. und erhält man auch keine genügenden Resultate. Durch einige Versuche wird man leicht die gesuchte Concentration der Papierschwefelsäure erhalten."

„Wenn man nun die obgenannte rubinrothe Jod-Jodkaliumlösung und die so erhaltene Papierschwefelsäure unter genauer Einhaltung der gegebenen Vorschrift für die Herstellung der Präparate auf die einzelnen zur Papierfabrication verwendeten Fasern prüft, wobei die vorhergängige Behandlung mit heisser Kalilauge nicht ausser Acht gelassen werden darf, so findet man folgende Resultate:

1. Baumwolle, Flachs, Hanf, weissgebleichte Jute, Chinagras, Papiermaulbeerbaumfaser färben sich mehr oder weniger auffallend rothviolett oder weinroth. Hiebei ist davon abgesehen, dass sich Inhaltsmassen natürlich gelb färben. Bei Hanf kommen hie und da schmutzigfärbige, ins Gelbe ziehende Stellen, besonders in Streifenform vor.

2. Gutgebleichte Holzcellulose und gewöhnlich gebleichte Strohcellulose sind rein blau, graublau, heller oder dunkler, aber nie ins Röthliche ziehend gefärbt.

3. Gewisse (meist rohe, nicht oder schlecht gebleichte) Holz- und Strohcellulosen nehmen sehr wenig Jod auf und bleiben manchmal, wenigstens stellenweise, fast oder ganz farblos, oder sehr blassblau, nie röthlich. Diese Erscheinung tritt besonders bei groben und bei gefärbten Papieren auf. Sie ist mir bei weissen Papieren nie vorgekommen.

4. Mais- und Espartostrohstoff färben sich theils rothviolett, theils rein blau, und zwar zeigt sich, dass die eigentlichen Fasern meist rothviolett werden, während Parenchym, Epidermis und Gefässe rein blau werden.

5. Alle stark verholzten Fasern, wie rohe Jute, Holzschliff, färben sich dunkelgelb.

In gewöhnlichen weissen, besseren Papieren, wie sie gewöhnlich zur Untersuchung gelangen, färben sich ausnahmslos Baumwolle, Hanf, Flachs, weissgebleichte Jute, Chinagras und Papiermaulbeerbaumfaser rothviolett, Holz- und gewöhnliche Strohcellulose rein blau, Holzschliff und ungebleichte Jute dunkelgelb, bei Anwendung der rubinrothen Jod-Jodkaliumlösung und der Papierschwefelsäure, sowie der oben angegebenen Behandlungsweise."

Diese hier beschriebene Methode bewährt sich in den meisten Fällen in ausgezeichneter Weise, und man kann mit Recht behaupten, dass es erst durch dieselbe gelungen ist, mit Sicherheit die wichtigsten Papierfasern aus einander zu halten. Es ist damit sogar möglich, den Procentgehalt einer Faserart im Papier beiläufig anzugeben, und wenn man — die gehörige Uebung vorausgesetzt — durch Zählungen der einzelnen Fasern, wobei man auch auf Länge und Stärke derselben Rücksicht zu nehmen hat, einen Ueberblick über die Mengen der vorhandenen Faserarten gewonnen hat, so kann man über die Zusammensetzung eines Papieres ein von der Wirklichkeit nur wenig abweichendes Resultat erhalten. Die Fehlerlatitude kann mit 5 Procent darüber oder darunter angegeben werden [1]).

Fig. 75. Aus Leinenhadernpapier. Zerstörte, an den Enden in Fibrillen aufgelöste Flachsbastfasern aus einem Briefpapier.

Wir wollen nun unter Hinweis auf die mikroskopische Charakteristik der einzelnen Papierrohstoffe deren Beschaffenheit im Papier selbst untersuchen und in einzelnen Papiersorten mikroskopisch kennzeichnen [2]).

1. Leinenhadernpapier. Die mikroskopische Bestimmung dieser Papiersorte ist verhältnissmässig leicht. Die Leinenfasern (Fig. 75) sind allerdings häufig sehr stark demolirt, aber die einigermassen erhaltenen Stücke zeigen die typischen Formen, die im Absatze Flachs beschrieben und abgebildet worden sind (vergl. Fig. 54 auf S. 69). Auch das zweite Faserstück in der nebenstehenden Figur lässt das linienförmige Lumen und die Verschiebungsknoten sehr gut erkennen. Die charakteristischen Demolirungsformen zeigen die

[1]) Vergl. auch Herzberg, Ueber die Feststellung der Mengenverhältnisse der in einem Papier vorhandenen Faserarten, Mittheilungen etc. 1892, S. 7. — Auch mit Chlorzinkjodlösung erhält man verschiedene Farbreactionen.

[2]) Autor in Realencyklopädie etc. Band VII, S. 643. — Herzberg, Papierprüfung, 1888. — Mierzinski, Handbuch der praktischen Papierfabrication, 1886, Band II und Band III, Wien. Jeder Bogen dieses Werkes besteht aus einer bestimmten Papiersorte, deren angebliche Zusammensetzung mitgetheilt ist. Es scheinen aber hiebei vielerlei unrichtige Angaben mit zu unterlaufen.

übrigen Bilder; die Bruchstellen sind meist sehr stark ausgefranst (was bei Baumwolle und Holzschliff aber nur unbedeutend vorkommt). Natürliche Enden sind wohl nur sehr selten wahrzunehmen, da sie ebenfalls meistens in feine Fibrillen aufgelöst sind. Mitunter zeigt sich das Lumen durch Pressung erweitert, oder das mehr oder weniger breitgedrückte Faserstück ist mehrmals umgeschlagen, und dann ist sogar eine entfernte Aehnlichkeit mit Baumwolle nicht zu verkennen, wie umgekehrt bei der Baumwolle wieder schmallichtige Formen vorkommen können; gewöhnlich findet man aber an dieser der Baumwolle ähnlich sehenden Flachsfaser die Bruchenden in Fibrillen aufgelöst oder Knoten führende Partien, die in der Baumwolle niemals vorkommen[1]).

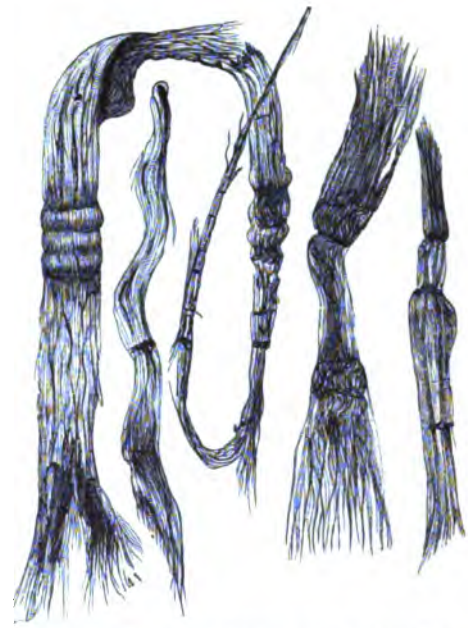


Fig. 76. Hanffasern aus feinem, aber starkem Packpapier, sehr stark demolirt; an einer Faser das gabelige Ende erkennbar.

Es ist hier noch zu bemerken, dass in einem mikroskopischen Präparate der meisten Papiere Rudimente wahrgenommen werden, die von so stark zertrümmerten Fasern herrühren, dass sie gar keine, zum mindesten keine sichere Bestimmung zulassen, es sei denn, dass an ihnen die Papierschwefelsäurereaction beobachtet werden kann. Bei einiger Uebung wird man allerdings auch viele sehr kurze Bruchstücke definiren können.

2. Hanfpapier. Besonders dauerhafte und feste Papiere (z. B. für Geldwerthe) werden direct aus Hanfwerg erzeugt. In diesen findet man die Hanffaser mitunter noch ziemlich gut erhalten und hie und da können selbst unversehrte Enden aufgefunden werden (vergl. Fig. 58). In groben Sorten sind auch reichlich Reste der begleitenden Gewebselemente, z. B. Schlauchzellen, Epidermiszellen enthalten. Hanf-

[1]) Herzberg (l. c.) fasst die in der Flachsfaser auftretenden Querstreifen (ohne Knotenbildung) als Poren auf; sie können aber auch querlaufende Bruchlinien der (inneren) Verdickungsschichten vorstellen.

hadernpapier zeigt die Bastfasern — wie das Leinenpapier — so stark verändert, dass die Hanffasern den Leinenfasern sehr ähnlich sehen oder überhaupt eines charakteristischen Aussehens entbehren. Die Zerlegung der Bruchstellen in feine Fäserchen ist besonders stark vor sich gegangen; v. Höhnel gibt an, dass die abgerissenen Enden etwas „kurzfaseriger" sind, als bei den Leinenpapierfasern, da die Hanffaser spröder sei. Knotenbildungen wiederholen sich in kurzer Aufeinanderfolge (Fig. 76), so dass das Stück an manchen Stellen einen wellenförmigen Verlauf zeigt. Die Längsstreifung, durch zahlreiche mehr oder weniger in der Längsrichtung laufende Spalten unterbrochen, ist so stark entwickelt, dass die Lumenabgrenzung gänzlich verwischt ist. Unter Umständen wird es gar nicht möglich sein, mit Bestimmtheit Hanf- und Leinenfasern im Papier unterscheiden zu können, zumal wenn man berücksichtigt, dass die meisten Papiere nicht aus je einem, sondern aus mehreren Rohstoffen zugleich bestehen. In weissen Papieren, die ja zumeist zur Untersuchung gelangen, werden Hanffasern wohl nur sehr selten zu suchen sein.

Fig. 77. Aus Baumwollpapier. Stücke von Baumwollhaaren, verhältnissmässig gut erhalten, aus einem Filtrierpapier; links oben ein Stück, das einem Flachsbastzellenrudiment, rechts ein solches, das einer breiten Holzfaser ähnlich sieht, bei x mit gitterförmiger Streifung.

3. Baumwollenpapier ist in den meisten Fällen gut zu erkennen; gewöhnlich aber sind Leinenhadern (oder Cellulose etc.) mitverarbeitet, was bei der Untersuchung wohl zu berücksichtigen ist. Die breiten, bandartigen Baumwollhaare mit glatten oder nur wenig gefransten Bruchenden und deutlichem Lumen lassen sich von Leinen- und Hanffasern leicht unterscheiden (Fig. 77). Die korkzieherartige Drehung ist hie und da auch zu sehen. Durch Quetschung kann das Lumen sehr verengert werden und das Stück dann an eine Bastfaser erinnern. Sehr häufig und charakteristisch ist die gitterförmige Streifung (Herzberg), zwei sich kreuzende schieflaufende Streifensysteme (bei x), die wohl auch bei Holzfasern vorkommen.

4. Papiere aus Jutefasern dienen hauptsächlich zu Brief-

couverts, zu Emballagepapier; auch das sog. Manilapapier besteht nach Herzberg aus Jute. Gewöhnlich findet man im Jutepapier noch ganze, wohl erhaltene Bastfaserbündel, deren Fasern nach Zerlegung der Bündel in der Regel noch recht deutlich den charak-

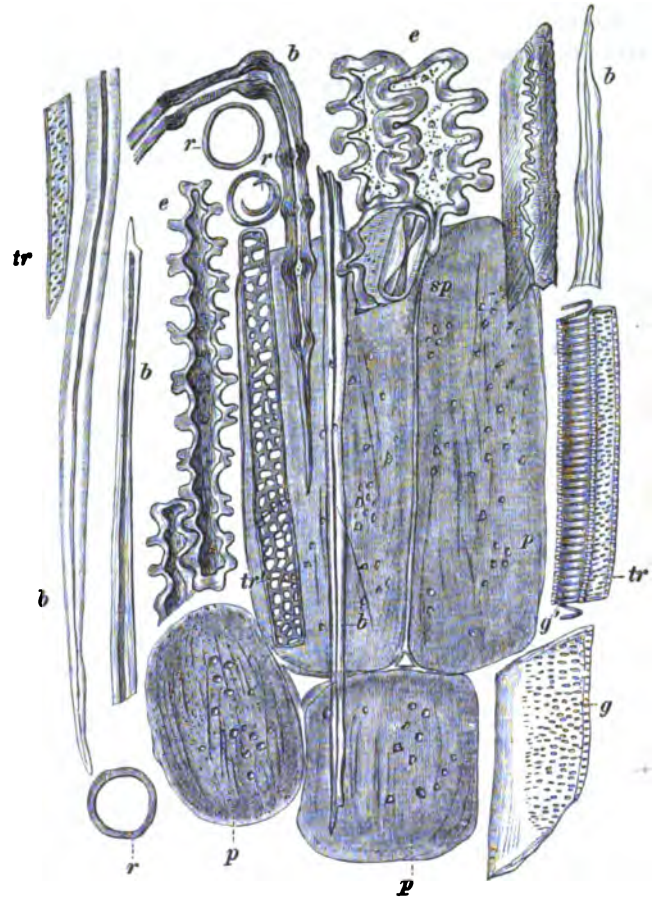


Fig. 78. Elemente des Strohstoffes. b Sklerenchymfasern, e Epidermiszellen mit Spaltöffnungen sp; g Tüpfelgefässstück, r Ringe aus den Ringgefässen herausgefallen; tr und tr' kurzgliedrige schmale Tracheen, g' Spiralgefäss, p Parenchymzellen.

teristischen Bau (die Lumenverengungen und die glatten, von jeder Streifung freien Zellwände) aufweisen; an nicht gebleichter Jute tritt die Ligninreaction auf.

5. Strohcellulose. Die meisten Papiere enthalten gegenwärtig diesen Rohstoff, der aus Weizen- und Roggenstroh erzeugt wird; es wird am häufigsten letzteres verwendet, obwohl

das Weizenstroh, angeblich wegen seines geringeren Kieselsäuregehaltes (4,3 Procent), ein vortheilhafteres Material darstellen soll. Reisstroh liefert die sog. chinesischen Strohpapiere; ebenfalls vortrefflich sind die Maislieschen (s. u.) und der Espartostoff.

Der Strohstoff im engeren Sinne besitzt sehr gleichmässig gebaute, stark verdickte Sklerenchymfasern mit spitzen oder gegabelten Enden (Fig. 78, b): an manchen ist auch eine Knotenbildung wahrzunehmen. Ausserdem sind in diesem Materiale noch reichlich die Elemente der Oberhaut, der Gefässbündel und des Parenchyms enthalten, so dass durch diese „Leitobjecte" der Strohstoff vortrefflich charakterisirt wird. Die Oberhautzellen sind theils kurze, sehr stark wellenförmig-buchtige, theils längere, ebenso contourirte Zellen (Fig. 78, e), nicht selten in Verbindung mit Spaltöffnungen (sp). Grosse Tüpfelgefässe (g), ausgefallene Ringe der Ringgefässe (r), schmale Tracheen (tr), Spiroiden (g') mit losgelösten Spiralbändern und die enorm grossen, rundlichen oder langgestreckten, faltigen Blasen vergleichbaren Parenchymzellen (p) sind in den Strohpapieren reichlich aufzufinden.

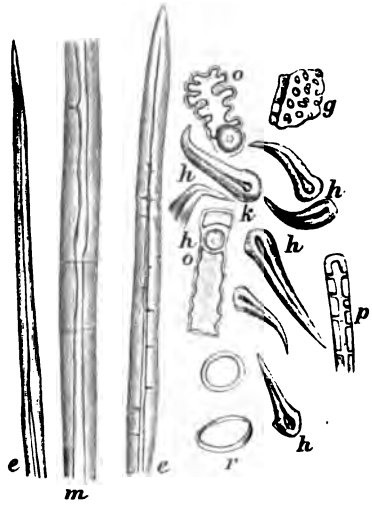


Fig. 79. Espartocellulose. m Mittelstück, e Enden der Sklerenchymfasern, o Epidermiszellen mit k Kurzzelle und h Ansatzstelle einer Borste, g Tüpfelgefässstück, p poröse Zelle, h Borsten.

Aehnlichkeit mit dem eigentlichen Strohstoff hat die Espartocellulose. Espartofaser (Alfafaser) wird aus den Blättern zweier Gräser, des zähen Federgrases, Stipa tenacissima L. (= Macrochloa tenac. Kunth) und des Lygeum Spartum L. gewonnen. Ersteres liefert den eigentlichen Esparto [1]), letzteres den Esparto basto [2]). Nebst den Sklerenchymfasern (Fig. 79, m und e), Epidermiszellen (mit Kurzzellen, o und k) sind es insbesondere die kurzen, meist hakig gekrümmten, sehr stark verdickten, als Borsten zu bezeich-

[1]) Die in Stücke geschnittenen Blätter sind als die ausziehbaren „Strohhalme" der Virgina-Cigarre bekannt.

[2]) Ein in Indien unter dem Namen Bulbous oder Bhabur-Grass gebrauchter dem Esparto ähnlicher Papierrohstoff stammt nach Stapf (Bullet. of Miscellaneous Informat. 1894, Nr. 94, S. 367) von der Graminee Ischaemum augustifolium Hook.

nenden Haargebilde (h), welche diesen Strohstoff sehr leicht erkennen lassen. Grosse Parenchymzellen kommen darin nicht vor. Man hüte sich, gerade Borsten für die Endstücke von Sklerenchymfasern anzusehen; die Basis der Borsten erscheint stets plötzlich er-

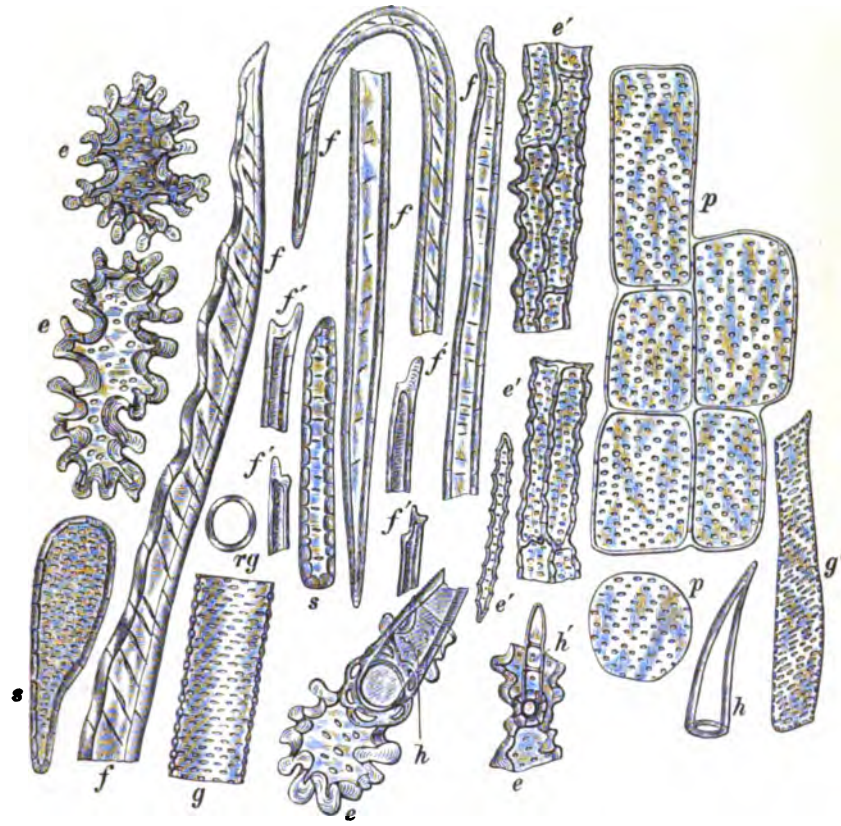


Fig. 80. Papierstoff aus der Maisliesche. e Oberhautzellen der Oberseite, e' solche der Unterseite, f Sklerenchymfasern, f' verzweigte Faserenden, g und g' Gefässstücke, rg Ring eines Ringgefässes, s Sklerenchymzelle, p Parenchymzellen, h einzellige Borste, h' mehrzelliges Haar.

weitert und besitzt ein meist weiteres Lumen, das sich rasch in den linienförmigen Theil verengert.

Die Maislieschen oder Maiskolbenblätter sind die scheidenartigen Blätter, welche den Fruchtkolben des Maises einhüllen. Ihr Reichthum an faserigen Elementen macht sie zu einem Papierrohstoff [1]) sehr geeignet. Die mikroskopische Charakteristik der Maisfasern-

[1]) Auer v. Welsbach, Die Verarbeitung der Maispflanze, Wien 1862. — Wiesner, Mikroskopische Untersuchung der Maisliesche und der Maisfaserproducte, Dingler's Polytechn. Journal 1865, Band 175, S. 225. Derselbe, Tech-

papiere ist bei der allgemeinen Aehnlichkeit, welche den von den Gramineen stammenden Rohstoffen eigen ist, nicht gar so leicht. Doch geben die Epidermiszellen, die Parenchymzellen und selbst die Fasern gute Anhaltspunkte zur Erkennung. Die Sklerenchymfasern (Fig. 80, f und f') sind verholzt, bis 80 μ breit, die Lumenweite übertrifft fast immer die Wanddicke, die Enden sind mächtig verdickt, einfach und stumpflich, oder zwei- und mehrspitzig, sogar oft „geweihartig" verzweigt (Wiesner); besonders auffällig sind ihre schief spiralig verlaufenden spaltenförmigen Poren; Gefässglieder (g'), Gefässbruchstücke (g) mit reichlichen Spaltentüpfeln, sowie grobgetüpfelte Parenchymzellen kommen häufig im Papier vor. Auch die Oberhautzellen (e) sind zur Definition sehr wohl brauchbar. Die der Unterseite des Blattes sind so innig mit den Sklereiden verbunden, dass sie oft in grösseren Platten zusammenhängend beobachtet werden können; ihre Wand ist verkieselt. Die Epidermiszellen der Blattoberseite (e) besitzen unregelmässig wellenförmig gebuchtete, an den vorspringenden Wandtheilen wulstartig verdickte und getüpfelte, grosse Elemente. Endlich finden sich noch verschieden entwickelte Haare vor: kurze dreizellige, dünnwandige (h'), kurze, stark verdickte, weitlichtige borstenförmige, und ebensolche aber viel längere Haare, die mit ihrem breiten Fusstheile tief im Gewebe der Liesche sitzen (Fig. 80, e, h, Fig. 81, h) und an der Basis von einem Kranze kleiner Nebenzellen umgeben sind; letztere wölben sich über die übrigen Epidermiszellen hervor und erzeugen demnach einen bulbusartigen Höcker. Wo die Haare abgefallen sind, finden sich runde Löcher vor. In der Asche findet man die Kieselskelette der Oberhautzellen in charakteristischen Gestalten (Wiesner, l. c., Fig. 21).

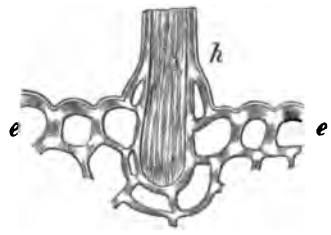


Fig. 81. Basis eines einzelligen langen Borstenhaares der Maisliesche mit Epidermiszellen e und den kleinen Kranzzellen.

6. Holzschliff[1]). Als Rohstoff dient vornehmlich das Coni-

---

nische Mikroskopie (1867) S. 226 und Rohstoffe (1876) S. 450. Autor in Realencyklopädie d. ges. Pharm., Band VI, S. 499—501. — Auch Maisstroh wurde zu Papier verarbeitet.

[1]) Vergl. den Abschnitt über die Untersuchung des Holzes; ferner Herzberg, die Sicherheit der qualitativen Holzschliffbestimmung, Mittheilungen etc. 1890, S. 132 und idem, Ueber die Schätzung des Holzschliffs in Papier, ebendaselbst 1891, S. 44.

ferenholz (Fichte, Tanne, Kiefer), das durch die an der Radialfläche behöft getüpfelten Tracheiden gekennzeichnet ist (Fig. 82). Im Papier findet man gewöhnlich kleine Tracheidencomplexe gekreuzt von Markstrahlpartien; mit Hilfe der letzteren lässt sich auch die Holzart bestimmen. Die Endstücke der Holzzellen sind häufig spitz ausgezogen. Die Ligninreagentien, sowie v. Höhnel's Probe lassen ziemlich leicht eine Schätzung der in einem Papier enthaltenen Menge von Holzschliff zu. Zeitungs- und bessere Packpapiere müssen neben Holzschliff noch immer Leinen- oder Baumwollpapierstoff oder Cellulose enthalten, weil nur dadurch eine bessere Bindung erzielt werden kann.

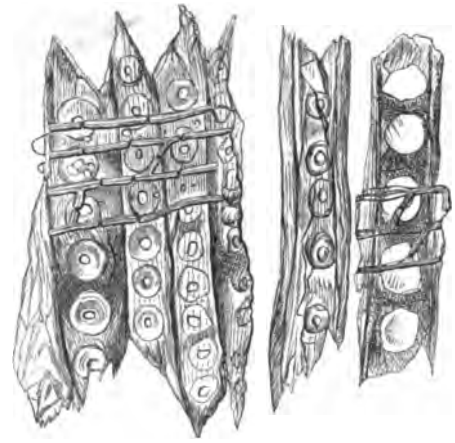


Fig. 82. Holzschliff aus Coniferenholz.

Bei sorgsamer Untersuchung ist es in der Regel recht gut möglich, die drei genannten Coniferenhölzer im Schliffe zu erkennen. Der in Fig. 82 abgebildete Holzschliff zeigt einfache Tüpfel an den Markstrahlzellen, stammt daher von der Tanne. Etwas schwieriger sind die kleinen gehöften Tüpfel der Fichtenmarkstrahlzellen zu beobachten. Hier sei zugleich ein Fehler in der nebenstehenden Fig. 82 corrigirt. Die hinter den Markstrahlzellen sichtbaren gehöften Tüpfel der Tracheiden sind in Wirklichkeit nicht vorhanden; die Communication zwischen den Tracheiden und den Markstrahlzellen wird durch zahlreiche kleine Poren bewerkstelligt, während die grossen gehöften Tüpfel die Verbindung der Tracheidenlumina unter einander besorgen.

Viel leichter als die Unterscheidung von Fichten- und Tannenholzschliff ist die Erkennung des Kieferholzschliffes. Die Markstrahlzellen des Kieferholzes sind in den äusseren Reihen mit zackenförmigen unregelmässigen Verdickungen versehen, in den inneren Reihen mit grossen Lochtüpfeln; erstere können nun im Holzschliff leicht aufgefunden werden.

Holzschliffe aus Espen-, Birken-, Akazienholz sind an den Holzfasern (Libriformfasern) und an den reichlich getüpfelten Gefässen leicht von dem Coniferenholz zu unterscheiden. Um aber die ein-

zelnen Laubholzarten aus einander halten zu können, müssen wir über den Bau des Holzes eingehend informirt sein. Darüber gibt das Capitel über die Hölzer Auskunft.

7. Holzcellulose. Darunter versteht man einen Papierstoff, der durch chemische Zerlegung des Holzes (Coniferen-, Buchen-, Birken-, Pappel- [Espen-]holz) erhalten wird. Anfangs versuchte man diese Zerlegung mittelst Säuren, später mit Aetznatronlauge und mit Calciumsulfitlösung; danach unterscheidet man eine Natron- und eine Sulfitcellulose.

Da die Haltbarkeit des Holzschliffpapiers durch die als Lignin bezeichneten Körper am meisten beeinträchtigt wird, so sucht man die Holzfaser von denselben zu befreien, um die organische Grundlage jeder verholzten Zellmembran, die Cellulose, zu gewinnen. Daher die Bezeichnung Holzcellulose. Hiebei liess sich auch das Verfahren, das Holz in seine Fasern zu zerlegen, ohne die letzteren durch Raffiniren (Feinmahlen) an Länge und Haltbarkeit zu schädigen, wesentlich vereinfachen. Bei der Verarbeitung des Holzes auf Cellulose ist auf genügende mechanische Zerkleinerung desselben, auf hinlängliche Concentration des chemischen Agens, hohe Temperatur und hohen Druck (bei dem Unger'schen Verfahren 6, sonst 10—14 Atmosphären) zu achten. Das unter dem nöthigen Druck mit Natronlauge gekochte Holz gibt seine „Incrusten" an die Lauge ab und bleibt als eine (gebleicht) weisse faserige Masse zurück, die nur noch aus den Holzfasern besteht, während die parenchymatischen Elemente (Markstrahlzellen etc.) vernichtet sind. Durch das Sulfitverfahren erhält man ein fast an Baumwolle erinnerndes Material und hier ist es die schwefelige Säure, welche die Lösung des Lignins veranlasst. Mikroskopisch lässt sich die Cellulose leicht erkennen. Die Tracheiden des Coniferenholzes (Fig. 83) sind isolirt, häufig noch vollständig mit ihren natürlichen, oft breit abgerunden Enden, farblos, stark transparent, in die Breite aufgequollen, die gehöften Tüpfel sind nur sehr zart angedeutet und erscheinen an der Mehrzahl der Fasern nur mehr als rundliche, selbst zackige Löcher; die Zellmembran zeigt häufig eine deutliche gitterförmige Streifung (a, b und bei *). Endstücke sind breit gequollen und einzelne besser erhaltene Stücke erinnern an Baumwollfasern, sind aber durch die v. Höhnel'sche Probe leicht davon zu unterscheiden.

Ein ähnliches Verhalten weisen die Libriformfasern des Birken- und Pappelholzes auf, sie sind aber selbstverständlich nicht geeignet, um an ihnen die Holzart sicher erkennen zu können. Dagegen sind

die Gefässe mit den dichtgetüpfelten Wänden so gut erhalten, dass man die Abstammung von einem Laubholz danach leicht festzustellen vermag. Die Holzfasern der Birkenholzcellulose sind theils dünn-, theils dickwandig und porös. Die Gefässe sind mit einfachen schlitzförmigen Poren versehen; die des Pappelholzes sind behöft getüpfelt

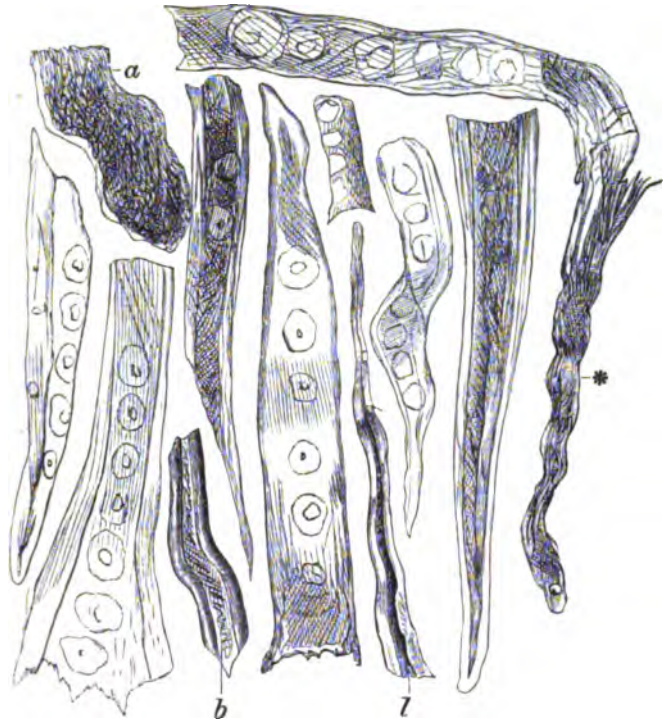


Fig. 83. Holzcellulose aus Fichtenholz. a breitgequollenes Endstück, b baumwollähnliches Bruchstück; die gitterförmige Streifung bei einigen Fasern sehr deutlich.

und besitzen häufig nach Herzberg schwanzartige Enden zu beiden Seiten, die oft eine beträchtliche Länge erreichen.

Ausser den genannten Rohstoffen werden noch zahlreiche andere zu Papieren verarbeitet. Ordinäre Papiere, insbesondere Packpapiere und Pappen enthalten allerlei Materialien, die oft recht schwierig zu bestimmen sind; so finden Schilf- und Binsenhalme, Hopfenfasern, Moose, Heu, Farnkräuter, neuestens auch die Torffaser Verwendung. Selbst aus Pferdemist werde Papier erzeugt. Thierische Wolle kommt nur in sehr ordinären groben Papieren vor. Dagegen gibt es auch aus Seide verfertigte Papiere, die grosse Festigkeit besitzen. Aussereuropäische Faserstoffe, wie Pita und Sisal,

Adansonia (Affenbrotbaum), Manilahanf, die Daphnefaser (Nepal paper von Daphne cannabina), die Fasern der ausgepressten Zuckerrohrhalme (Bagasse) und die Bambussprossen, die Fasern des Papiermaulbeerbaumes werden massenhaft zu Papier verarbeitet.

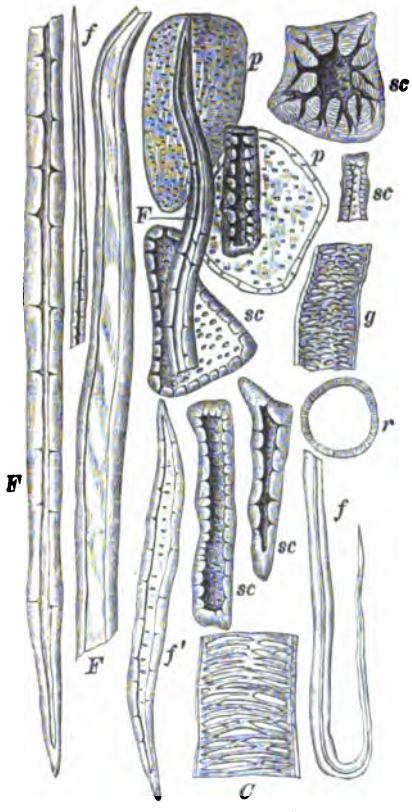


Fig. 84. Aus Zuckerrohrpapier. F grosse, f schmale, f' kurze Sklerenchymfasern, p Parenchymzellen, sc verschieden geformte Sklereiden (Steinzellen), C und g Gefässstücke, r Ring aus einem Ringgefäss.

Das Zuckerrohrpapier ist durch den Reichthum an grossen fein porösen Parenchymzellen und sehr verschieden geformten Sklereiden ausgezeichnet (Fig. 84). Die Sklerenchymfasern sind dreierlei Art, durch Uebergänge mit einander verbunden. Sehr stark verdickte, bis 25 μ breite, mit starken Poren versehene (F), ferner kürzere, aber ebenso breite mit dünnen Wänden (f'), und sehr schmale 10—14 μ messende, fein zugespitzte, der Flachsfaser ähnliche Fasern (f). Die Enden der übrigen sind stumpflich oder in eine grobe Spitze ausgezogen und meist stark verdickt. Alle Fasern sind stark verholzt. Die Parenchymzellen sind mässig gross und porös getüpfelt (p), Sklerenchymzellen (Steinzellen) in verschiedenen Formen reichlich entwickelt (sc). Die reich getüpfelten oder netzförmig verdickten Gefässe finden sich ebenfalls häufig im Papiere vor.

Durch eine ausserordentlich grosse Festigkeit, die am Papiere sehr überraschend wirkt, sowie durch Feinheit und zarten, weichen Griff zeichnen sich die chinesischen und japanischen Papiere aus. Auch das mikroskopische Bild der hiezu verwendeten Fasern ist dadurch sehr auffallend, dass dieselben meist unversehrt und in ihrer ganzen Länge isolirt erscheinen; Demolirungen an den Fasern sind nur selten zu beobachten. Die Ursache dieser guten Erhaltung der Fasern liegt sowohl in der Art des Rohstoffes wie in der Zubereitung der Papiere[1]).

[1]) Vergl. M. Kraft in Lueger's Lexikon der ges. Technik, Band VI, S. 669.

Man verwendet niemals Hadern, sondern unmittelbar die Fasern selbst: für chinesische Papiere hauptsächlich Bambusfasern und Papiermaulbeerfasern, nebst Hanf-, Weizenstroh- und Reisstrohfasern.

Das japanische Papier wird aus den Bastfasern des Papiermaulbeerbaumes und der Mitsumatapflanze (richtiger Mitzu mata) hergestellt. Letztere ist nach Franchet et Savatier Edgeworthia papyrifera Miqu. (Thymelaeaceae). In dem Papier aus Papiermaulbeerbaumfasern (s. S. 86) sind ausser den schon beschriebenen Fasern auch Gewebspartikel des Holzes und des Markes enthalten. Die Zellen des letzteren sind sehr gross, rundlich, reichlichst getüpfelt und enthalten je einen kurz prismatischen oder rhomboederähnlichen Calciumoxalatkrystall.

Das chinesische Reispapier besteht aus einem noch in seinem natürlichen Zusammenhang befindlichen Pflanzengewebe, dem Marke von Aralia papyrifera Hook.[1]). Der echte Papyrus, das Beschreibmaterial Altägyptens wurde aus dem inneren gefässbündelführenden markähnlichen Theil des Stammes von Cyperus Papyrus L. hergestellt[2]). Dagegen hat es sog. Baumbastpapiere (charta corticea), aus den abgelösten inneren Schichten der Rinde von Laubbäumen, z. B. von Birken, Buchen oder Linden hergestellt, nach Wiesner[3]) niemals gegeben.

Drittes Capitel.

Thierische Faserstoffe.

I. Thierische Haare (Wolle).

Das thierische Haar besteht aus dem in einer Einstülpung der Haut, dem Haarbalge, steckenden Wurzeltheile und dem Haarschaft; bei vollkommener, typischer Zusammensetzung, zeigt es drei scharf unterschiedene Gewebsarten: Epidermis oder Cuticularschicht, Faser- und Markschicht. Hauptsächlich nach dem äusseren Verhalten, also nach Länge, Stärke, Verlauf und Vertheilung auf der Haut unterscheidet man Borsten, Stichelhaare, Grannen-

[1]) J. Moeller, Bot. Ztg. 1879, Nr. 45 S. 721.

[2]) cfr. Wiesner, Technische Mikroskopie 1867, S. 237.

[3]) Studien über angebliche Baumbastpapiere. Sitzungsbericht der k. k. Akademie der Wissenschaften, Wien, Philosoph.-histor. Classe Bd. CXXVI, 1892, 8. Abhandlung.

haare und Wollhaare. Die langen, starken, spannkräftigen Haare des Schweines zeigen den Typus echter Borsten. Stichelhaare, steife, kurze, gerade, markhaltige Haare, treten entweder nur einzeln auf, wie die Augenwimpern, die Spürhaare der Carnivoren, oder sie bilden eine etwas starre anliegende Bekleidung (Pferd). — Grannenhaare nennt man die langen, gerade oder schwach-wellenförmig verlaufenden, auf der Haut gleichmässig vertheilten, fast immer markhaltigen Haare, die den Pelzen zahlreicher Mammalia die mehr oder weniger werthvollen und geschätzten Eigenschaften verleihen; auch das Schweif- und Mähnenhaar des Pferdes, das Kopfhaar der Schlichthaarmenschen sind Grannenhaare.

Das Wollhaar, die technisch werthvollste Haarart, ist gekräuselt oder schlicht, bei vielen Thieren marklos, weich und geschmeidig und meist nicht wie die übrigen Haare auf der Haut gleichmässig vertheilt, sondern in dichten Büscheln angeordnet. Es bildet das Unterkleid der meisten haarigen Säugethiere.

Die Unterschiede dieser Haarformen sind aber durchaus keine scharfen, absolut bestimmten, sondern es gibt alle möglichen Uebergänge. Wenn auch zur Erkennung einer Faser, ob dieselbe ein thierisches Haar darstellt, ein Blick in das Mikroskop genügt, so ist doch die Bestimmung der Abstammung des Haares nicht so leicht und bedarf einer sehr sorgfältigen Untersuchung. Denn die Aehnlichkeit der die technisch verwendeten Wollen zusammensetzenden Haare einerseits, dann aber die zahlreichen Verschiedenheiten und Abänderungen der Haare einer und derselben Thierart andererseits bieten der mikroskopischen Charakteristik [1]) grosse Schwierigkeit. Wir wollen diese Charakteristik und den Gang der Untersuchung an der wichtigsten Wolle dieser Gruppe, der Schafwolle, kennen lernen.

Die Einwirkung gewisser chemischer Reagentien auf thierische Haare ist eine sehr charakteristische. In Salpetersäure färben sich Thierhaare gelb, ebenso in kochender Pikrinsäure; concentrirte Chromsäurelösung sowie auch Kalilauge lösen in kochendem Zustande die Haare sofort, kochende Salzsäure dagegen nicht. Millon's Reagens färbt sie nach einigem Kochen roth. Wolle riecht beim Verbrennen unangenehm, die vegetabilische Faser zeigt keinen charakteristischen Geruch. Eine sehr scharfe Unterscheidung der Thierhaare von den vegetabilischen Fasern bietet Molisch's Zucker-

[1]) Vergl. die sehr sorgfältige Bearbeitung der Wolle in v. Höhnel's Mikroskopie etc., S. 88 und 94 ff.

reaction mit α-Naphthol[1]). Das Verfahren wird folgendermassen beschrieben. „Ungefähr 0,01 g der gut ausgekochten und mit viel Wasser abgespülten Faserprobe wird in der Proberöhre mit etwa 1 ccm Wasser, sodann 2 Tropfen einer alkoholischen 15- bis 20proc. α-Naphthollösung versetzt und schliesslich concentrirte Schwefelsäure (beiläufig soviel als Flüssigkeit vorhanden ist) hinzugefügt. Liegt eine Pflanzenfaser vor, so nimmt die ganze Flüssigkeit beim Schütteln sofort eine tiefviolette Färbung an, wobei sich die Faser auflöst. Ist hingegen die Faser thierischer Abkunft, so wird die Flüssigkeit mehr oder minder gelb- bis röthlichbraun. Bei Verwendung von Thymol tritt anstatt der Violettfärbung eine zinnobercarminrothe Farbe auf.“ Der Grund dieser Färbung liegt darin, dass α-Naphthol (oder Thymol) bei Gegenwart von Schwefelsäure Zuckerlösungen tief violett (bezw. zinnober-carminroth) färbt. Da nun die pflanzliche Zellwand zum grössten Theile aus Cellulose besteht und diese, mit Wasser und Schwefelsäure behandelt, in Zucker umgewandelt wird, so muss die Reaction mit α-Naphthol wie an einer Zuckerlösung eintreten.

Schafwolle[2]).

Der grösste Theil der im Handel vorkommenden Schafwolle stammt von veredelten Schafen, den eigentlichen Wollschafen. Unveredelte Thiere, wie das Zackelschaf, Zigajaschaf, die Haidschnucke etc. besitzen eine Wolle, die aus Woll- und Grannenhaaren zusammengesetzt ist und ein minder bewerthetes Product bildet; die auf dem europäischen Continente verbreiteten Edelschafe leiten ihre Abstammung von dem spanischen (ursprünglich maurischen) Merinoschafe her, das in zwei Hauptrassen, den niedrigen, mit starken Halsfalten und einer Wamme versehenen Negrettischafen, später Infantados genannt, und den schlankeren, hochbeinigen Escurialschafen gezüchtet worden ist. Das sächsische Electoralschaf stammt vom Escurial-, das österreichische Imperialschaf vom Negrettischaf; von diesem auch die französischen Rambouillettthiere. Das Vliess dieser edlen Schafe besteht nur aus Wollhaaren.

[1]) Molisch, Dingler's polytechn. Journal 1886, Band 261, S. 135.

[2]) v. Höhnel, l. c. S. 94. — Autor in Realencyklopädie etc. Band X, S. 450 und Materialienkunde des Thierreiches, Band III, S. 85. — F. H. Bowman, On some Variations in the Structure of Wool and other Allied Fibres. Proced. of the Royal Soc. of Edinburgh 1885—1886, Vol. XIII, Nr. 122, S. 657 bis 672.

Die englischen Leicester- und New-Leicesterschafe besitzen ein Wollkleid aus vorwaltend Grannenhaaren, welche ihrer Feinheit wegen einen vorzüglichen Rohstoff für Kammgarn abgeben.

Die thierischen Haare werden zur Untersuchung in Wasser eingelegt. Hiebei muss aber beachtet werden, dass das Hautsecret, der sog. Wollschweiss, dem Haare anhaftet (woferne die Wolle nicht gewaschen worden ist) und der Benetzung des Haares mit Wasser hinderlich ist;

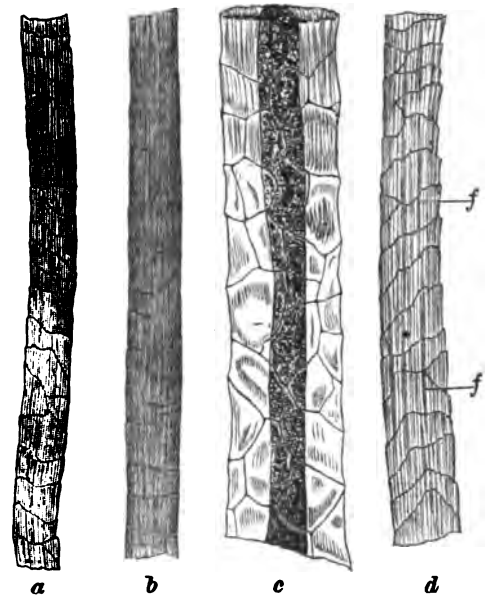


Fig. 85. Schafwolle. a feinste Imperialwolle (Merino) von einem zweijährigen Mutterschaf, Wollhaar, überbogig, Breite 21 μ, Epidermiszellen auf 100 μ : 8. — b Schill- oder Glanzwollhaar, aus einer Lammwolle, verhornt, Epidermiszellen nur sehr undeutlich wahrnehmbar. — c und d ungarische geradbogige, grobe Wolle; e Grannenhaar, d Wollhaar mit Faserspalten f.

die fettartigen Bestandtheile desselben müssen daher durch Einlegen des Haares in Alkohol (oder Aether, Chloroform) entfernt werden. Betrachten wir nun ein Wollhaar (Fig. 85). Dasselbe erscheint 13—40 μ breit und zeigt einen ziemlich gleichförmigen cylindrischen Verlauf; nur gegen das natürliche Ende hin wird das Haar schmäler und schliesst endlich mit einer stumpfen Spitze ab. Solche natürliche Enden zeigen alle Haare von ungeschorenen Schafen, also von Lämmern, daher man diese Haare auch als „Lammspitzen" bezeichnet. Die Bilder, die das Haar bei verschiedener Einstellung zeigt, sind nun folgende. Bei hoher Einstellung, bei welcher also nur die Oberfläche des Haares das Bildobject darstellt, beobachtet man zarte, unregelmässig ver-

laufende, hie und da auch zusammenstossende Querlinien (Fig. 85, a). Wird durch eine äusserst geringe Drehung der Mikrometerschraube das Objectiv dem Objecte genähert, so erkennt man, dass diese Querlinien bis zu den beiden Rändern verlaufen, zugleich tritt eine zarte Längsstreifung auf, unter welcher ebenfalls Querlinien durchschimmern. Das Wollhaar des Schafes besteht, wie schon gesagt, aus der Oberhaut und der Faserschicht. Letztere ist aus kurzen, sehr schmalen, innig an einander geschmiegten Faserzellen gebildet und stellt einen

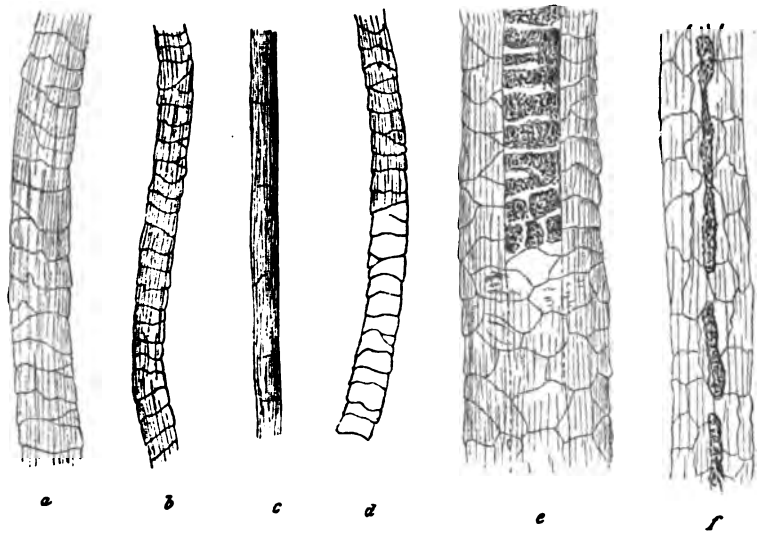


Fig. 86. Schafwolle. a—c Ungarische Merino, Secunda, gewaschen; a breites Wollhaar (40 μ, auf 100 μ 10 Epidermiszellen), b schmales Wollhaar (18 μ breit, auf 100 μ 11 Zellen), c schmales verhorntes Haar; d Electoral-Negretti, Prima, nicht gewaschen, normalbogig (17 μ breit, auf 100 μ 10 Zellen). — e—f ungarisches Zackelschaf, e breites Grannenhaar (90 μ breit, das Mark 40 μ), f ein solches mit Markinseln (62 μ breit).

Cylinder bezw. einen Kegel dar; die Streifung des Haares rührt nur von diesen Fasern her; sind an einzelnen Fasern auch deren Lumina sichtbar, so erscheinen sie als dunkle Spalten in der Faserschicht. Die Querlinien sind die freien Enden der Epidermiszellen (Cuticularschuppen), die als sehr dünne Plättchen den Fasercylinder umgeben und zwar in der Weise, dass entweder nur eine Zelle (selten) oder zwei Zellen wie eine Düte den betreffenden Haartheil einhüllen; es kann also eine solche Zelle gewissermassen einen kurzen Cylinder bilden; der Fusstheil derselben steckt in der nächst unteren Zelle, der obere Rand ist frei, verläuft meist schief oder schwach und unregelmässig wellenförmig (bei Landwollen mitunter in einen grösseren Zahn ausgezogen oder gezähnelt) und steht von dem Faser-

cylinder wohl nur sehr wenig, aber doch genügend ab, um die Haarcontouren höchst fein sägezähnig erscheinen zu lassen. Will man die Epidermisschuppen isoliren, so wendet man nach Nathusius am besten concentrirtes Ammoniak an, welches die Schuppen ablöst, ohne sie einzurollen (wie z. B. Schwefelsäure); auch Chromsäure oder Kupferoxydammoniak sind hiezu zu gebrauchen.

Die Zahl der Epidermiszellen, auf eine bestimmte Länge des Haares bezogen, scheint für ein und dieselbe Haarart einer Thierspecies innerhalb einer geringen Latitude constant zu sein. Freilich ist hiebei zu berücksichtigen, dass selbst an einem und demselben Haare Schwankungen zu beobachten sind, indem insbesondere gegen die Haarspitze zu die Schuppenanzahl sich häufig vermindert. Immerhin aber bieten z. B. die Merinowollhaare (Fig. 86, a—c) im Grossen und Ganzen ein so gleichförmiges Bild in Bezug auf das Aussehen der Oberfläche, dass man wohl berechtigt ist, eine ziemlich gleichförmige Vertheilung der Oberhautschuppen anzunehmen. Besonders auffällig erscheint diese Constanz an der Angorawolle, deren Charakteristik dadurch wesentlich vereinfacht und gesichert sein dürfte. Zahlreiche Zählungen[1]), in der Weise vorgenommen, dass die die volle Haarbreite überdeckenden Schuppen in einer Länge von 100 μ gezählt wurden, haben diese Annahme bestätigt[2]).

Bei ordinärer unreiner Schafwolle fanden sich (nur an Wollhaaren) in 8 Untersuchungsreihen (für jede Reihe das Mittel aus ca. 30 Zählungen):

I.	auf	100	μ	im	Mittel	. .	10,9	Epidermiszellen
II.	„	100	μ	„	„	. .	10,5	„
III.	„	100	μ	„	„	. .	10,8	„
IV.	„	100	μ	„	„	. .	10,0	„
V.	„	100	μ	„	„	. .	9,8	„
VI.	„	100	μ	„	„	. .	10,7	„
VII.	„	100	μ	„	„	. .	10,8	„
VIII.	„	100	μ	„	„	. .	10,5	„

also im Mittel für ordinäre Schafwolle (Wollhaare)
10,5 Epidermiszellen.

---

[1]) Autor, Einige Bemerkungen zur Charakteristik des thierischen Haares. Sechzehnter Jahresbericht der Wiener Handelsakademie, Wien 1888, S. 107—110.

[2]) Es ist selbstverständlich, dass nicht etwa dieses eine Merkmal genügen kann, die Abstammung eines Haares sicher zu stellen. Erst die Summe aller Merkmale wird uns in den Stand setzen, die Haarart zu erkennen.

Für Merinowolle (mit Nadelstapel), wurden gefunden:

I.	auf	100 µ	im	Mittel	. .	11,1	Epidermiszellen
II.	„	100 µ	„	„	. .	11,5	„
III.	„	100 µ	„	„	. .	11,5	„
IV.	„	100 µ	„	„	. .	11,5	„
V.	„	100 µ	„	„	. .	11,4	„
VI.	„	100 µ	„	„	. .	11,0	„
VII.	„	100 µ	„	„	. .	11,1	„
VIII.	„	100 µ	„	„	. .	12,0	„

im Mittel **11,4**.

Es zeigte sich sonach für diese Sorte eine grosse Uebereinstimmung. Noch gleichförmiger erscheint das Ergebniss bei der Angorawolle:

I.	auf	100 µ	im	Mittel	. .	5,4	Epidermiszellen
II.	„	100 µ	„	„	. .	5,4	„
III.	„	100 µ	„	„	. .	5,3	„
IV.	„	100 µ	„	„	. .	5,38	„
V.	„	100 µ	„	„	. .	5,2	„
VI.	„	100 µ	„	„	. .	5,3	„
VII.	„	100 µ	„	„	. .	5,2	„
VIII.	„	100 µ	„	„	. .	5,3	„

im Mittel **5,285**.

Es wurden auch die Wollhaare vom Alpaca, Vicunna und vom Trampelthier (zweihöckerigem Kameel) gemessen und das Gesammtergebniss der Untersuchungen zeigt folgende Zusammenstellung:

Schafwolle, ordinäre	10,5	Epidermiszellen auf 100 µ Haarlänge bezogen.
„ hohe, prima, gewässert	9,7	
„ Merino, Nadelstapel	11,4	
„ Superelecta	9,98	
„ prima Streichwolle, sächsisch . .	12,1	
Angorawolle	5,285	
Weisse Alpaca	8,98	
Braune Alpaca	15,—	
Vicunna	10,—	
Trampelthier	8,99	

Die Wollhaare des Schafes besitzen nur zwei Gewebearten, die Faserschichte und die Epidermis. Die Breite (Dicke) der Haare, massgebend für die Feinheit, ist sehr verschieden. Nach älteren gebräuchlichen Bestimmungen unterscheidet man bezüglich der Grösse der Querdurchmesser folgende Sorten:

Superelecta	mit	einem	Querdurchmesser	von	15—17 μ.
Electa	„	„	„	„	17—20 μ.
Prima	„	„	„	„	20—23 μ.
Secunda	„	„	„	„	23—27 μ.
Tertia	„	„	„	„	27—33 μ.
Quarta	„	„	„	„	33—40 μ.

Da die Feinheit mit der Kräuselung der Wollhaare im Connex steht, so hat man in der Praxis auch nach der Zahl der Kräuselungsbögen auf 1 cm Haarlänge die Feinheit zu ermitteln gesucht und nimmt an, dass auf 1 cm Haarlänge bei Superelecta über 11, Electa 9—10, Prima 7—9, Secunda 6—7, Tertia 5—6, Quarta 4—5 Kräuselungsbögen entfallen. Aber auch die Art der Kräuselung, die durch die Ausdrücke normalbogig, gedrängtbogig, hochbogig, überbogig, flachbogig, gedehntbogig bezeichnet wird (nicht gekräuselte Haare heissen schlicht), scheint auf die Feinheit nicht ohne Einfluss zu sein, obwohl darüber nichts Näheres bekannt ist. Fig. 85, a zeigt ein überbogiges, Fig. 85, d und Fig. 86, d je ein normalbogiges Wollhaar; trotz hoher Aehnlichkeit sind einzelne feine Unterschiede bemerkbar; an Fig. 86, d sind die Epidermiszellränder durch ziemlich parallelen Verlauf gekennzeichnet.

Einzelne Wollhaare zeigen ein abweichendes Verhalten; die Faserschicht gleicht einem fast homogenen Cylinder, die Epidermiszellen scheinen zu fehlen oder ihre Contouren treten nur hie und da deutlicher hervor. Solche Haare werden Schill-, Glanz- oder Hundshaare genannt, wohl auch als „verhornt“ bezeichnet, wodurch ein Verschmelzen der einzelnen Gewebselemente angedeutet wird. Sie sind zur Aufnahme von Farben untauglich und machen die Wolle bei reichlichem Vorkommen sehr geringwerthig; sie fehlen übrigens dem normalen Vliesse niemals. Als Hundshaare bezeichnet man übrigens auch einzelne in der Wolle der Edelschafe vorkommende Grannenhaare.

Bei der mikroskopischen Untersuchung und Beurtheilung der Wollhaare ist stets zu beachten, in welchem Zustande dieselben sich befinden. Zunächst ob man es mit dem Rohstoffe selbst, im ungewaschenen Zustande (also mit Wollschweiss, Staub und anderen Verunreinigungen behaftet) oder im gewaschenen Zustande zu thun hat. Aussereuropäische, insbesondere südamerikanische Wollen sind mitunter reichlich mit sog. „Kletten“, das sind die mit Klammerorganen (Häkchen) versehenen Früchte von Weidepflanzen (hauptsächlich von schmetterlingsblüthigen Pflanzen, wie Medicago), ver-

unreinigt, die sich nur schwer entfernen lassen und den Werth der Wolle vermindern. Bei der Zubereitung solcher Wollen können daher auch vegetabilische Fasern, von den Früchten herrührend, eingearbeitet werden und müssen von dem Mikroskopiker als zufällige Beimengungen erkannt werden.

Weiters hat man zu beachten, ob die Haare farblos, bezw. natürlich grau, braun oder schwarz, oder ob sie künstlich gefärbt sind. Der natürliche Farbstoff tritt im Mark und in der Faserschicht in Gestalt feiner Körnchen auf. Endlich ist auf jene Veränderungen Rücksicht zu nehmen, welche durch die Verarbeitung herbeigeführt werden. Im Garne, noch mehr aber im Gewebe sind die Haare oft ihrer Epidermis beraubt, geknickt und daselbst verdünnt, abgerissen, an ihren Rissenden aufgefasert („gepinselt"), auch in ihrem Verlaufe gequetscht und in Fasern aufgelöst. Wir werden bei der Besprechung der Gewebeuntersuchung und der Kunstwolle auf diese Erscheinungen wieder zurückkommen.

Man findet mitunter auch Wollen, deren Haare an einer, seltener an mehreren Stellen eine geringere Breite besitzen, daselbst wie eingeschnürt erscheinen. Ist diese Erscheinung an zahlreichen Haaren einer Wollpartie zu beobachten, so zeigt es an, dass die Thiere krank waren oder in anderen nicht normalen Verhältnissen (Hunger, Durst) gelebt haben. Während des abnormalen Zustandes des Thieres wachsen die Haare ebenfalls abnormal, sie werden dünner und „abgesetzte", „absätzige", „zweiwüchsige" oder „untreue" Haare genannt.

Die Grannenhaare sind — mit wenigen Ausnahmen[1]) — fast immer aus drei Gewebearten zusammengesetzt. Zu der Epidermis und der Faserschicht tritt noch die Markschicht hinzu. Der Lage nach entspricht diese der Längsaxe des Haares und besteht aus rundlichen oder länglichen (parenchymatischen) Zellen, die in einer bis vier Reihen angeordnet sein können. Die Zellwände sind meist sehr dünn und undeutlich, der Inhalt setzt sich aus feinkörnigen Massen, Luft[2]) und bei farbigen Haaren aus Farbstoffkörnern zusammen (Fig. 85, c u. 86, e). In den meisten Fällen ist das Mark ein continuirliches, gewissermassen ein aus Zellen gebildeter Axencylinder, mitunter aber ist die Continuität unterbrochen, das Mark tritt nur in einzelnen nicht zusammenhängenden Zellen oder Zellcomplexen auf; man bezeichnet diese dann als Markinseln. Den Haarspitzen fehlt das Mark. Wie ausserordentlich verschieden übrigens

[1]) So besitzt z. B. die südungarische Zigarrawolle markfreie Grannenhaare.

[2]) Luft kommt aber auch zwischen den Markzellen vor, so beim Kuhhaar.

die Ausbildung des Markes sein kann, wird am besten an den Haaren verschiedener Pelzthiere (Hase, Reh, Katze) ersehen und dem Anfänger ist die Beobachtung derselben sehr zu empfehlen[1]). — Die Stärke der Faserschicht an dem Grannenhaar ist von der Mächtigkeit des Markes abhängig; in den meisten Fällen ist das Mark schmäler als die Faserschicht, es kann aber bis $^4/_5$ der Breite der Faser einnehmen. Mit dem Auftreten des Markes ist auch eine bedeutende Abänderung in dem Baue der Epidermis verbunden. Die Epidermiszellen sind in der Regel viel weniger breit als das Haar und bilden gewissermassen ein Tafelnetz über die Faserschicht (Fig. 85, c und Fig. 86, e); hiebei können sie selbst nach aussen concav sein, so dass die seitlichen Contouren des Haares sehr zarte Einbuchtungen zeigen (Fig. 85, c).

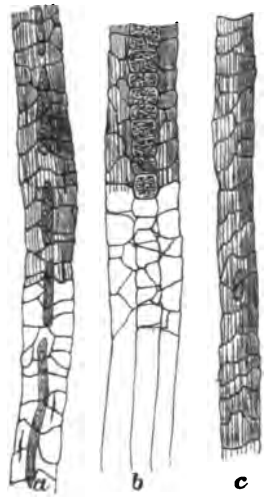


Fig. 87. Schafwolle: Leicesterwolle. Stücke von Grannenhaaren; a und c mit Markinseln, b mit continuirlichem Marke. c 30 μ breit mit 8,6 Epidermiszellen auf 100 μ, a 50 μ breit.

Während die gemeine Landwolle aus beiden Haararten, aus Woll- und Grannenhaaren zusammengesetzt ist, besteht die Wolle der Leicesterschafe fast nur aus Grannenhaaren. Der Bau derselben (Fig. 87) ist folgender. Die Haare sind 25—50 μ und darüber breit, stark gestreift, mit einzelnen längsgezogenen Markinseln (a, c) oder mit einem ununterbrochenen Markcylinder versehen; meist ist das Haar gegen die Spitze zu nur spärlich markhaltig. Die Epidermiszellen sind bei den schmalen Haaren zu 1—2 auf demselben Querschnitt entwickelt, bei den breiten bilden sie ein sehr unregelmässiges Tafelnetz; die freien Ränder sind stark unregelmässig, auch häufig gezähnt, ein Zahn oft deutlich vorspringend. Die Zahl der Epidermiszellen kann bis 7 herabsinken, ist in der Regel 8—9. — Ein specifisches Merkmal der Leicesterwolle lässt sich mikroskopisch nicht feststellen; man wird aber bei der

[1]) W. Waldeyer, Atlas der menschlichen und thierischen Haare, Lahr, 1884. — C. Hassack, Beiträge zur Kenntniss der Pelzwaaren, in Zeitschr. für Nahrungsmitteluntersuchung etc. 1898. — J. Moeller, Mikroskopische Beschreibung der Thierhaare, Archiv für Kriminal-Anthropologie und Kriminalistik. II, 1899, S. 177—210. (Mit vielen Abbildungen.) — Chas. C. Curtman, Haare und ihre Bedeutung in der gerichtlichen Medizin in Pharm. Rundschau (New York) XIII, 1895, S. 252—260. (Behandelt die verschiedenen Haarformen des menschlichen Körpers und die Haare der wichtigsten Säugethiertypen.)

Untersuchung zu berücksichtigen haben, dass die Grannenhaare niemals die Dicke derselben von der Landwolle erreichen und dass, wie schon bemerkt, die Wolle fast nur aus Grannenhaaren besteht.

Ziegenwollen.

1. Angora-, Kämelwolle, Mohair. Diese stammt von der in Kleinasien in den Berggebieten um Angora und Koniah gezüchteten

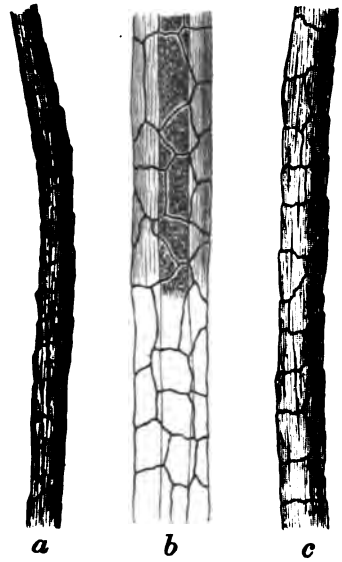


Fig. 88. Ziegenwolle: Angora. a feinstes Angora-Wollhaar, 12,5 μ breit (auf 100 μ 5—6 Epidermiszellen); b schmales Grannenhaar, 40 μ breit, mit 15 μ breitem Mark; c breites Wollhaar, 25 μ breit, mit starken Faserspalten. Vergrösserung 200.

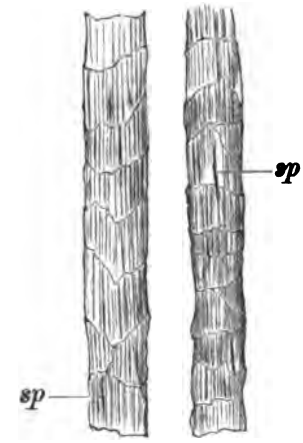


Fig. 89. Angora-(Kämelwolle, Mohair), eine andere Sorte, breite Wollhaare mit feingezähnelten Epidermiszellen. sp Faserspalten. Vergrösserung 400.

Angoraziege und ist in Bezug auf Feinheit und Güte von sehr grosser Verschiedenheit. Feine Sorten sind rein weiss, seidigglänzend, mehrere Decimeter lang, die Haare sind 12—54 μ, häufig 30—44 μ breit. Minderwerthige, meist braune Waare (zu Pelzen, Fussdecken u. s. w.) führt gröbere Haare mit reichlicher Markentwicklung und sehr starker Faserstreifung. Das Wollhaar (Fig. 88, a und c, Fig. 89) ist markfrei, besitzt eine starke Faserschicht mit breiten Faserspalten (Fig. 89, sp) und halb- oder ganzcylindrische Epidermiszellen, die sehr hoch sind (5—6 auf 100 μ, vergleiche bei Schafwolle S. 119) und einen fein gezähnelten Rand besitzen; dieser ist besonders in Fig. 89 deutlich zu beobachten. Die Zähnelung kann nebst der

Anzahl der Zellen auf 100 μ als ein besonderes Kennzeichen der Angorawolle angesehen werden.

Angorawolle findet Verwendung zu feinen Kammgarngeweben, zur Herstellung halbseidener Stoffe, in gefärbtem Zustande zur Nachahmung des Menschenhaares.

2. Kaschmirwolle, Tibetwolle, Paschmina, die lange, seidige Wolle der Kaschmirziege. Sie ist weiss, gelblich oder braun, besteht aus sehr feinen, 7—8 cm langen, 13—20 μ dicken,

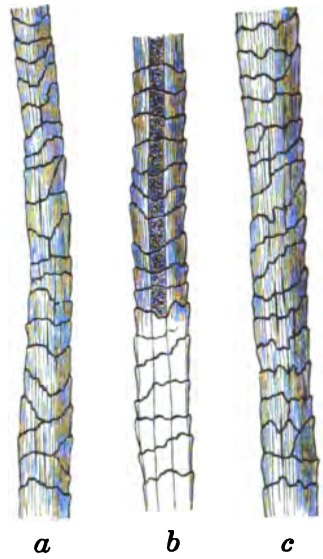


Fig. 90. Ziegenwollen: a—b Kaschmirwolle; a Wollhaar, auf 100 μ 6 bis 7 Epidermiszellen; b Grannenhaar, 30 μ breit. — c chinesische Ziege; Wollhaar, 30 μ breit, auf 100 μ 7 Zellen.

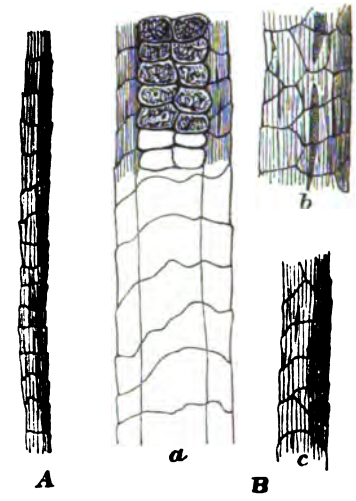


Fig. 91. Ziegenwollen. A Wollhaar aus einem sog. Ziegenflaum (12 μ breit, auf 100 μ 12 Schuppen). B Bockshaar in drei verschiedenen Abschnitten: a mit mehrreihigem Marke (60 μ breit, 7 Schuppen auf 100 μ), b mit Markinseln (45 μ breit), c markfrei (25 μ breit mit 6 Schuppen). Bei a nur ein Theil der Mark- und Faserschichte gezeichnet.

cylindrischen Wollhaaren, deren Epidermiszellen ebenfalls fein gezähnelt sind (Fig. 90, a, b) und zu 6—7 auf 100 μ verteilt sind. Die Faserschicht ist stark entwickelt und zeigt Faserspalten. Die spärlichen Grannenhaare haben ein continuirliches Mark.

3. Ziegenhaare, das Haarkleid der gemeinen Ziege (Fig. 91). Dieses setzt sich vornehmlich aus Grannenhaaren zusammen, die meistens die Haarzwiebeln besitzen. Die Haare weisen in ihrem Verlauf bedeutende Verschiedenheiten auf; eine sehr genaue Beschreibung hat v. Höhnel (l. c. S. 116) gegeben, die zugleich als ein Beispiel einer Haarbeschreibung hier angeführt werden soll: „An der Basis sind sie (die mittleren Haare) etwa 80—90 μ dick. Die

Wurzel ist etwa $^1/_3$ mm lang. Das an der Wurzel ganz schmal beginnende Mark nimmt sehr rasch an Dicke zu und ist schon einige mm über dem Grunde 50 μ dick, wo die Haardicke 80—90 μ beträgt. Die Faserschicht bildet daher nur einen dünnen Cylinder. Der Querschnitt ist rund. Die Epidermis besteht aus etwa 15 μ hohen, querbreiteren Schuppen, deren Vorderrand kaum verdickt ist, aber scharflinig begrenzt erscheint. Es ist ferner nicht gezähnelt, sondern uneben wellig. Diesen Charakter behält die Faser lange bei, nur wird sie bis 100 μ dick, wovon auf den Markcylinder 80 μ kommen. Die Markzellen sind derbwandig, schmal, querbreiter. Gegen die Mitte werden die Haare wieder schmäler und erreichen ihre grösste Breite kurz vor der Spitze mit ca. 130 μ; hier ist auch die Rindenschichte relativ am schmälsten (6 μ) und besteht der Markcylinder aus 6—10 Reihen von Markzellen. Hier ist das Haar (zum Theil auch wegen der Kalkung, Aescherung) sehr brüchig und knickt leicht ein" (Fig. 91). Nach anderen Beobachtern sind zwischen den Markzellen insbesondere in jenem Haartheile, in welchem sie einreihig auftreten, sehr schmale Luftspalten vorhanden.

„Gegen die Spitze verdünnt sich das Mark rasch, der Markcylinder wird schliesslich zu einer Reihe von langen Markzellen, hierauf kommen einfache Markinseln und bei 40 μ Dicke ist das Haar wieder markfrei. An der lang ausgezogenen Spitze sind die Epidermisschuppen am Vorderrand ausgefressen gezähnt und dabei höher."

Etwas verschieden von der gemeinen Ziegenwolle sind die sog. Geisshaare, die von den Ziegenbärten herrühren, gebaut.

In Fig. 90, c ist ein Wollhaar der chinesischen Ziege abgebildet. Für alle Ziegenwollen kann als Regel angenommen werden, dass 5—7 Schuppen auf 100 μ, bezogen auf eine mittlere Stelle eines Haares, gehen.

Kuhhaare.

Das Haarkleid der Kuh besteht aus markfreien Wollhaaren und aus groben und feinen Grannenhaaren. Die groben (Fig. 92, c) besitzen einen sehr breiten einreihigen Markcylinder mit schmalen, deutlich abgegrenzten Zellen, die hie und da mit Luft erfüllte (also schwarze) Spalten zwischen sich frei lassen; die dünne Faserschicht ist fein streifig, die Epidermisschuppen stehen enge an einander, sind unregelmässig, wie ausgefressen fein gezähnelt. Die feineren Grannenhaare besitzen dünnwandige, schmale Markzellen, die meist nur Mark-

inseln bilden (Fig. 92, a), cylindrische Epidermisschuppen, die fein gezähnelte Ränder besitzen und so enge aneinander gerückt erscheinen, dass ca. 12 Schuppen auf 100 μ gehen; hie und da sind sie auch mit einem vorgezogenen Zahn versehen. Die Spitzen sind markfrei und meist auch ohne Epidermis; zum Mindesten lässt sie sich nicht deutlich beobachten. Der Verlauf des Markes ist an einem Haare beobachtet folgender: Das Mark beginnt über dem schmäleren Haarhalse als ein continuirlicher Cylinder, löst sich hierauf in Inseln auf, die in der Haarmitte gänzlich fehlen, jenseits derselben gegen die Spitze zu wieder auftreten und wieder in einen sehr schmalen, einreihigen Cylinder verschmelzen, der unter der Spitze aufhört.

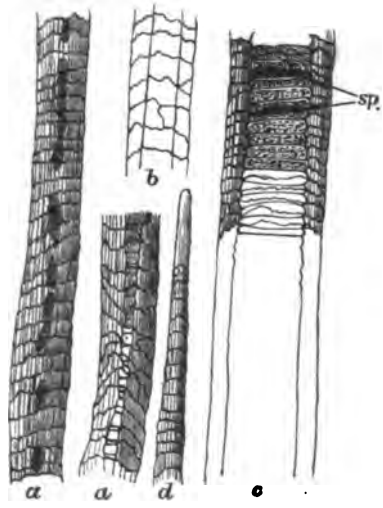


Fig. 92. Kuhhaare. Grannenhaare, a Mittelstücke mit einzelnen Markinseln oder schmalem Markcylinder; b und c mit breitem Mark, in c die schmalen Markzellen deutlich abgegrenzt, bei sp lufterfüllte Spalten im Mark. — d Endstück mit schuppenfreier Spitze. a 40 μ breit, 12 Schuppen auf 100 μ; c 65 μ breit.

Die Haardicke ist verschieden: grobe Haare 120—130 μ, feinere Grannenhaare 65—80 μ; bei 100—110 μ Haardicke beträgt der Markcylinder 75—80 μ. Durch die Schuppenanzahl, die Spalten im Markcylinder und die einreihigen Markzellen lässt sich das Kuhhaar von dem Ziegenhaar sicher unterscheiden.

Die Kalbhaare haben denselben Bau wie die Kuhhaare.

Kameelhaare.

Die Kameelwolle besteht aus sehr dünnen, markfreien Wollhaaren und sehr breiten Grannenhaaren. Die Grannenhaare (Fig. 93, g und Fig. 94, g und g′) sind dunkelbraun bis schwärzlich, mit lichterer Spitze versehen, 6—9 cm und darüber lang, 40—110 μ breit, mit breitem (seltener schmalem) zusammenhängenden Markcylinder. Die Epidermiszellen sind dickrandig, daher an der Längsseite der Faser eine zarte Sägung bemerkbar ist; die Faserschicht tritt deutlich hervor und zeigt dunkelbraune Farbstoffanhäufungen (F) in zerstreut liegenden kurzen, dicken Streifen. Die Markzellen sind grösstentheils einreihig, die Querwände deutlich, die Zellen niedrig,

dicht von körnigem Farbstoff erfüllt; in manchen Zellen findet sich eine locale Anhäufung des Farbstoffes in Gestalt eines dunkelbraunen bis schwärzlichen rundlichen Ballens. — Die Wollhaare sind regelmässig gekräuselt, fein, weich, röthlich- oder gelbbraun, überall gleich breit (16—25 μ), sehr fein und regelmässig längsstreifig, die Streifen stellenweise von aneinander gereihten Farbstoffkörnchen dunkler (Fig. 93, W und Fig. 94, w, f). Die Epidermisschuppen sind hoch, der Rand schief oder geschweift (bergspitzenähnlich) verlaufend, nicht

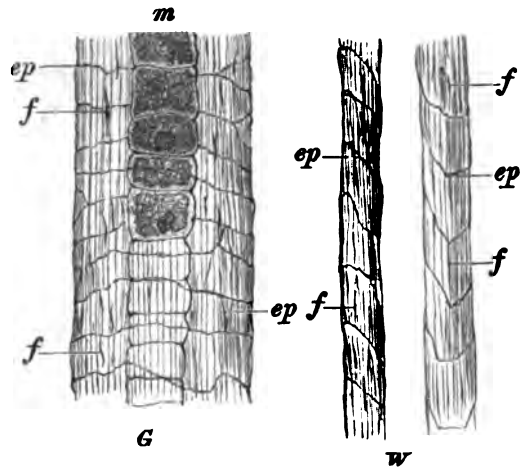


Fig. 93. Kameelwolle, echtes Kameelhaar (von Camelus bactrianus, zweihöckeriges Kameel). G Grannenhaar, W Wollhaar, ep Epidermisschuppen, f Farbstoffanhäufungen, m Markzellen; der Inhalt nur in einigen Markzellen gezeichnet.

gezähnelt; Anzahl 6,5—8,99 auf 100 μ. Dadurch, ferner durch die derbwandigen Markzellen und durch die Farbstoffknoten und -kugeln von dem ähnlichen Kuhhaar zu unterscheiden.

Wollen der Kameelschafe (Kameelziegen).

Man kennt bekanntlich vier Arten dieser Paarhuferfamilie, von denen zwei, das Huanaco (Gnuanaco, Auchenia Huanaco) und die Vicuña (A. Vicunna), noch heutigen Tages wild leben, während das Lama (A. Lama) und das Paco oder Alpaco (A. Paco) seit frühester Zeit Hausthiere geworden sind.

Die Wolle des Huanaco kommt wohl kaum nach Europa; auch die Vicunnawolle ist jetzt bei uns nicht zu finden, obwohl sie früher besonders in England in grösserer Menge verarbeitet worden ist[1]).

[1]) Die Vigognewolle unseres Handels ist ein Gemenge von Baumwolle und Schafwolle.

Ob wirklich echte Lamawolle für sich allein in Europa versponnen wird, scheint nicht sichergestellt zu sein. Dagegen finden wir in unserem Handel Alpacawolle in verschiedenen Feinheitssorten, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass unter diesem Namen auch die Wolle des Lama oder Gemische der Wollen dieser Thiere gehen, die sich der mikroskopischen Determination aus dem Grunde entziehen, weil einerseits die Wollen der verschiedenen Kameelschafe einander so ähnlich sehen, dass sie mikroskopisch nicht aus einander

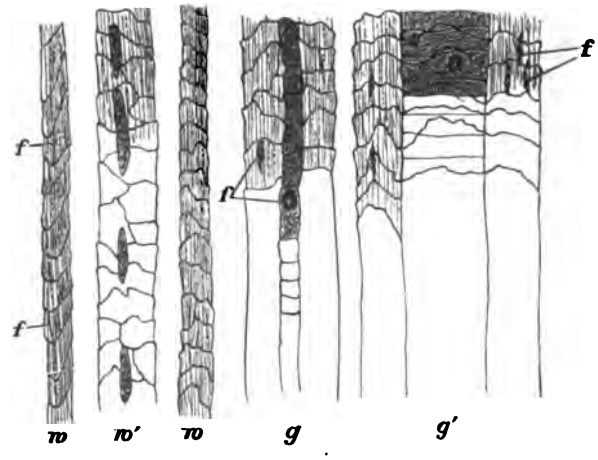


Fig. 94. Kameelwolle (andere Sorte). w Wollhaare, g Grannenhaar mit schmalem, g' solches mit breitem Mark; w' Uebergangshaar mit Markinseln. — f Farbstoffanhäufungen. w = 20 und 25 μ breit mit 6,5 bezw. 7 Schuppen auf 100 μ. — w' = 40 μ breit, g = 60 μ, g' = 110 μ breit; das erste Wollhaar ist nach abwärts gerichtet gezeichnet; bei w', g und g' sind Mark- und Faserschichte (und Epidermis) nur zum Theil gezeichnet.

gehalten werden können, andererseits aber „die verschiedenen Körpertheile aller Auchenien höchst verschiedene Wollen tragen, so dass die Sorten nach Farbe, Feinheit und Reinheit von steifen Haaren fast nur nach den Körpertheilen differiren“ (v. Höhnel).

Die Handelswaare enthält Grannenhaare und Wollhaare. Nach einem echten Muster von Vicunnawolle (Fig. 95) sind die Grannenhaare lichter als die Wollhaare, einzelne selbst farblos, 68—80 µ breit und mit einem continuirlichen Markcylinder versehen. Die Wollhaare sind 14—18 µ breit, markfrei, theils gelblich, theils farblos, sehr glatt, mit glattrandigen oder nur wenig gezähnelten, oft sehr wenig deutlich sichtbaren Epidermisschuppen versehen, sehr zart faserstreifig. Die Zahl der Epidermiszellen (auf 100 µ) scheint stark variabel zu sein und kann bis 15 steigen (s. S. 119); das Mittel dürften acht Schuppen sein. Es gehört mit zu den Kennzeichen der

Lamawollen, dass ihre Schuppen verschieden hoch sind und nur schwer beobachtet werden können. Man findet auch zahlreiche Uebergänge (f′) von Woll- zu Grannenhaaren mit grösserem Durchmesser (34—40 μ) und mit Markinseln. Alpaca-Grannenhaare sind 25 bis 60 μ dick und enthalten eine scheinbar continuirliche Markröhre ohne Zellstructur. In einer gelbbraunen Sorte fand v. Höhnel (l. c. S. 124) als Inhalt des Markes grobe Körner, welche krystallinischen

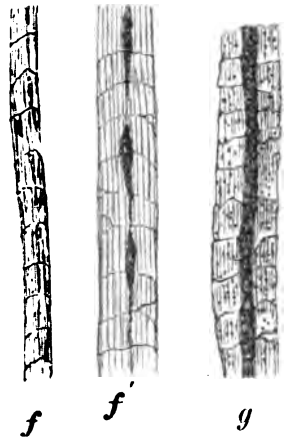


Fig. 95. Vicunnawolle. f Wollhaare, f′ Haar, das den Uebergang des Wollhaares zum Grannenhaar zeigt, mit Markinseln. g ausgesprochenes Grannenhaar; die feinen Streifchen am Rande des Markes nicht gezeichnet.

Fig. 96. Weisse Alpacawolle. a Wollhaar, 15 μ breit, auf 100 μ fast 9 Schuppen; b schmales Grannenhaar, 25 μ breit. c Uebergangshaar mit Markinseln und sehr undeutlichen Epidermiszellen, 25 μ breit; bei b das Mark am Rande mit sehr feinen Streifchen versehen, wie feingesägt erscheinend.

Bruchstücken gleich sahen. Der braune Farbstoff ist unregelmässig vertheilt und tritt stellenweise in groben Streifen auf.

An einer von mir untersuchten Probe weisser Alpacawolle sind die Wollhaare (Fig. 96, a) mit glattrandigen Epidermiszellen bedeckt, der freie Rand derselben ist ziemlich unregelmässig, theils gewölbt, theils mit 1—2 vorgezogenen Zähnen versehen. An den Grannenhaaren (Fig. 96, b) sind starke Faserspalten zu bemerken; der Inhalt der Markzellen ist sehr gleichmässig und dicht feinkörnig, ohne grössere Schollen, der Rand der Markröhre zeigt ein sehr eigenthümliches Verhalten, worauf schon v. Höhnel (l. c. S. 125) aufmerksam gemacht hat. Man beobachtet nämlich daselbst sehr kurze, zarte, parallele Streifen, welche sich in dem körnigen Inhalte des Markes verlieren und den Rand der Markröhre wie höchst fein gesägt er-

scheinen lassen. Auch an den Markinseln sind diese Streifchen wahrzunehmen (Fig. 96, b). Die Erklärung dieser Erscheinung ergibt sich aus dem Vergleiche derselben mit der Markzellbegrenzung an anderen Haaren. Die Streifchen stellen sonach nichts anderes dar, als die sehr dünnen Querwände höchst schmaler Markzellen, die nur am Rande sichtbar werden und in dem inneren Theile von dem körnigen Markinhalte verdeckt sind; es erscheint somit begreiflich, warum das Mark den Eindruck einer continuirlichen Markröhre machen muss.

An den Haaren mit Markinseln (Fig. 96, c), die gewissermassen Uebergänge von den Grannen- zu den Wollhaaren vorstellen, sind die Epidermiszellen häufig sehr undeutlich zu beobachten, scheinen stellenweise zu fehlen oder nur unvollkommen entwickelt zu sein.

Shoddy oder Kunstwolle.

Damit bezeichnet man verspinnbare Wollfasern, die aus Wolllumpen hergestellt sind. Es ist begreiflich, dass man gebrauchte Wollkleider, alte Tuchwaaren u. s. w. noch einer weiteren Verwendung zu unterziehen sucht, da die Wolle ein werthvoller und kostspieliger Artikel ist. In den Shoddyfabriken wird aus diesen Materialien eine Kunstwolle erzeugt, die im Allgemeinen etwa nur den vierten Theil des Werthes der Naturschafwolle besitzt und als Webestoff für billige Wollwaaren gegenwärtig eine sehr ausgedehnte Anwendung findet.

Je nach der Güte des Rohmateriales besitzt Shoddy verschiedenes Aussehen und sehr verschiedenen Werth. So gilt die Bezeichnung Shoddy (Tibet) für eine Kunstwolle, die nur aus ungewalkten Wollstoffen, Alpaca oder Extract für solche, die aus Halbwolllumpen (mit vegetabilischer Faser) erzeugt wird; Mungo nennt man die von Tuchlumpen stammende Kunstwolle (Alttuch-, Neutuch-Mungo).

Bei der Verarbeitung der Kunstwolle wird gewöhnlich etwas Naturwolle beigemischt. Aber auch das Umgekehrte ist häufig der Fall, indem mit Shoddy eine den Werth und die Dauerhaftigkeit der Wollwaaren mitunter empfindlich schädigende Verfälschung der Wollstoffe vorgenommen wird, deren Erkennung zu den schwierigsten Aufgaben der technischen Mikroskopie gehört. Erst die Untersuchungen Cramers[1]) und insbesondere v. Höhnels[2]) haben uns in den Stand

[1]) Programm des Polytechnicums Zürich 1881, S. 8.

[2]) Mikroskopie, S. 107.

gesetzt, Shoddy in den meisten Fällen in den Wollwaaren nachzuweisen. Es erfordert aber nicht nur eine sehr sorgfältige und vergleichende Prüfung, sondern es gehört auch eine grosse Erfahrung in der Untersuchung der Wollwaaren dazu, um den Nachweis der Shoddy mit Sicherheit führen zu können.

Nach den ausführlichen Erörterungen v. Höhnel's hat man bei der Untersuchung der Shoddy Folgendes zu beachten:

1. Das Vorkommen fremder Fasern thierischer oder vegetabilischer Abkunft. Nur theure Gewebe bestehen aus gleichförmiger Wolle, andere nicht; aber auch in feinen Wollen finden sich Stichel- oder Grannenhaare, allerdings in sehr geringer Anzahl vor; daher das Vorkommen verschiedener Haare (in nicht auffällig grosser Anzahl) nicht auf Shoddy schliessen lässt. Auch Pflanzenfasern können verkommen, ohne von einer Spinnfaser herzurühren; denn die südamerikanischen Klettenwollen enthalten oft massenhaft die Früchte von Medicagoarten („Kletten"), deren anatomische Bestandtheile auch in der gereinigten Wolle zu finden sind. Andererseits ist das Fehlen pflanzlicher Spinnfasern auch kein Beweis für das Fehlen von Shoddy in einem Gewebe, weil man bei der Erzeugung der Kunstwolle die Fasern carbonisirt (mit Schwefelsäure behandelt und trocknet), wobei die Pflanzenfasern, wie Baumwolle, Flachs etc. entfernt werden.

Dagegen ist die Anwesenheit von gefärbter Baumwolle oder Kosmosfaser[1]) ein positiver Beweis für das Vorhandensein von Shoddy.

2. Die Länge der Fasern ist nicht immer massgebend; im Allgemeinen ist Shoddy immer kürzer, als feine Naturschafwolle, mitunter aber auch länger, als gemeine Sorten der letzteren; ferner werden dem Tuch oftmals die Abfälle der Tuchscheererei zugesetzt, um die Filzdecke dichter zu machen. Diese Abfälle erkennt man an den beiden scharfen, glatten (weil durch die Scheere hergestellten), oft etwas abgeplatteten Enden der Wollhaarstücke.

3. Die Dicke ist ein unzuverlässiges Merkmal.

4. Das Fehlen der Epidermisschuppen an Wollhaaren ist auch kein durchgreifendes Merkmal für Shoddy; denn an vielen Grannenhaaren der Landwollen sind die Epidermisschuppen abgerieben.

5. Die Beschaffenheit der Enden der Shoddyfasern ist, wie schon lange bekannt, eines der sichersten Kennzeichen. Da die Fasern

[1]) Kosmosfaser, Kosmoswolle, eine aus vegetabilischen Fasern, besonders aus Leinen-, Hanf- und Jutefasern bestehende Kunstwolle siehe S. 78.

durch Zerreissung der Lumpen und anderen, d. h. also durch Zerreissung der Garnfäden und mit diesen der Wollhaare gewonnen werden, so müssen die meisten Fasern nur Rissenden besitzen; dabei erscheint die Faserschicht eines jeden Wollhaarstückes in ihre Faserzellen aufgelöst und die Enden sehen daher pinselartig aus (Fig. 97). Die Pinselenden an kurzen Haarstücken sind also für die Anwesenheit von Shoddy in einem Gewebe charakteristisch. Auch an anderen Stellen zeigen die Wollhaare reichliche Demolirungserscheinungen, man sieht Risse an Knickstellen, Partien mit inneren Durchbrechungen und Längsrissen, die eine Folge von Quetschungen

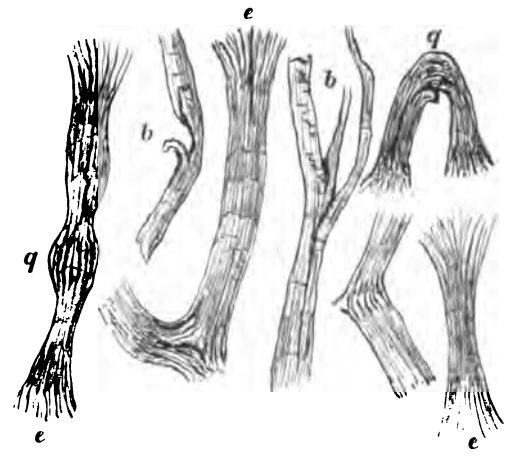


Fig. 97. Stücke von Schafwollhaaren aus einem Kunstwollengarn. Man sieht die aufgepinselten Enden (e), Riss- und Bruchstellen (b) und Quetschungsstreifen (q).

sind; mitunter werden auch grob getheilte Faserenden aufgefunden. An jenen Wollhaarstücken, welche Trennungen in der Faserschicht aufweisen und gequetscht sind, ist auch die Epidermis nur mehr in Bruchstücken vorhanden oder fehlt gänzlich (Fig. 97).

Es muss aber ausdrücklich hervorgehoben werden, dass Pinselenden auch an Naturwollhaaren, also an guter Waare gefunden werden; insbesondere sind sie in gefärbter Waare vorhanden, geradeso wie einzelne Lammspitzen durchaus nicht auf eine Lammwolle hinweisen; auch kommen an guter Wolle Demolirungsstellen vor, und es ist daher auch bei der Interpretirung dieses Merkmales grosse Vorsicht anzuwenden. (Vergl. S. 121.) Es müssen kurze, und zwar viele kurze Haarstücke mit Pinselenden beobachtet werden, es muss ferner eine auffällige Ungleichheit der Wollhaare in Bezug

auf ihre Dicke und das Aussehen der Cuticularschuppen constatirt werden können, wenn man auf Shoddy schliessen soll. Den sichersten Schluss aber lässt die

6. Vielfärbigkeit der Shoddyfasern zu; diese ist ein untrügliches Merkmal. Die meisten Stoffe und daher auch die Lumpen bestehen aus verschieden gefärbten Wollen. Findet man in einem Garnfaden — meist in seiner inneren Partie — kurze, pinselartig endigende, verschieden gefärbte (grüne, rothe, blaue) Haarstücke, so gehören diese der Kunstwolle an. Aber die Vielfärbigkeit ist auch nur ein positives Kennzeichen, d. h. wenn sie constatirt worden, so ist bestimmt Shoddy vorhanden; man darf aber nicht sagen, dass keine Shoddy vorhanden sein kann, wenn keine verschieden gefärbten Haare im Garn gefunden werden.

Shoddy von Halina und von naturfarbigen Tricotagen ist aus ungefärbten Haaren zusammengesetzt.

Die Vielfärbigkeit der Kunstwollfasern ist aber sehr häufig durch die (später applicirte) Tuchfarbe gedeckt. Diese verhindert aber in der Regel nicht, die Vielfarbigkeit zu erkennen, weil durch Behandlung mit Salzsäure die Tuchfarbe entfernt werden kann, worauf die ursprünglichen Farben der Fasern mehr oder weniger deutlich wieder hervortreten. Selbst bei Anwendung von Kalilauge zeigen die aufquellenden Haare verschiedene Farben, wenn sie von farbigen Lumpen herrühren.

Aus dem Mitgetheilten kann ersehen werden, dass die Bestimmung einer Shoddybeimischung in Garnen eine sehr schwierige und unter Umständen eine kaum zu lösende Frage ist. Wer sich damit beschäftigen will, muss zuerst zahlreiche Muster gefärbter und ungefärbter Wollgewebe untersucht haben, die aus Naturwolle erzeugt sind. Insbesondere ist es vortheilhaft, sich in der mikroskopischen Analyse von Tuchgeweben, deren Oberfläche bekanntlich (durch Walken, Rauhen, Scheeren und Pressen) in eine Filzdecke umgewandelt ist, zu üben, weil man an denselben sehr häufig die oben beschriebenen Demolirungserscheinungen an den Haaren wird beobachten können.

Gute Beispiele hiefür liefern die gröberen Militärtuchsorten, die meistens auch eine reichliche Auswahl sehr verschieden beschaffener Wollhaare darbieten. In den am Schlusse dieses Capitels mitgetheilten Beispielen aus der Praxis werden auch einige Untersuchungen von Wollwaaren angeführt, die auf das Vorhandensein von Shoddy zu prüfen waren.

II. Seide und seideähnliche Producte [1]).

1. Gemeine, echte Seide.

Unter Seide im Allgemeinen versteht man die in Fadenform auftretenden Excrete einiger Thiere, die ihrer Festigkeit und anderer zutreffender Eigenschaften wegen als Textilrohstoffe Verwendung finden können.

Seide im engeren Sinne, gemeine Seide, echte Seide ist der Gespinnstfaden, aus dem die Raupe des Seiden- oder Maulbeerspinners (Sericaria [Bombyx] mori) den Cocon bereitet. Sie übertrifft in Feinheit, Weichheit, Festigkeit und Glanz alle anderen Spinnfasern und gilt seit den ältesten Zeiten als der werthvollste und schönste Textilstoff.

Die erwachsene Raupe erzeugt in ihrem paarigen schlauchartigen Spinnorgane (Sericterien) ein Excret in Gestalt zweier höchst feiner Fäden (Drüsenfäden, Fibroinfäden), die durch das Product eines zweiten Drüsenpaares (Leimdrüsen) zu einem Faden, dem Coconfaden zusammengekittet werden. Mit dem aus den Mundorganen austretenden Coconfaden spinnt das Thier das Puppengehäuse in der Weise, dass es mit dem ersten zu Tage tretenden Fadentheile die Anheftung besorgt, mit dem mittleren längsten Theile in regelmässigen Achterwindungen das Gehäuse selbst bildet und mit den letzten Fadenpartien unter Aufwendung grösserer Leim- (Sericin-) Massen eine glatte Innenfläche herstellt. Sonach besteht der Cocon aus drei wohl zu unterscheidenden Theilen: aus dem äusseren Fadengewirre, dem regelmässig gesponnenen Theil, und der innersten glatten, Dattel genannten Schichte. Nur von der mittleren Schichte lässt sich der Faden abhaspeln, während der äussere Theil und die Dattel zu Nebenproducten Verwendung finden.

Um den Seidenfaden zu gewinnen, werden die Cocons in heissem Wasser mit feinen Ruthen geschlagen (gestaucht oder purgirt), gegenwärtig auch mit Bürstenvorrichtungen behandelt, wodurch der leimige Ueberzug der Fäden erweicht und das äussere Fadengewirre entfernt wird, so dass der Fadenanfang der regelmässig gesponnenen Mittelschichte aufgefasst werden kann. Die Gewinnung des continuirlichen Fadens geschieht in eigenen Anstalten, den Filanden, durch das Haspeln. Eine Anzahl der durch das Stauchen

[1]) H. Silbermann, Die Seide, ihre Geschichte, Gewinnung und Verarbeitung, Dresden 1897.

erhaltenen Coconfäden (von 2—15 Cocons) wird aufgefasst und durch ein oder zwei Ringelchen (Oehre von Glas, Elfenbein etc.) geleitet, wobei sich die Coconfäden wegen ihrer oberflächlichen Klebrigkeit zu einem Faden, dem Rohseidefaden, vereinigen, der, nachdem er einen Trockenrahmen passirt hat, auf einem Haspel aufgewunden wird.

Die durch das Abhaspeln gewonnene Seide führt den Namen Rohseide, Matassen- oder Grezeseide, Gregia oder Grezza, und ist ihrer Entstehung gemäss aus einzelnen continuirlichen Fäden gebildet, wodurch sich die Rohseide ganz wesentlich von den mittelst des technischen Spinnprocesses gewonnenen Garnfäden aus Baumwolle, Flachs, Wolle etc. unterscheidet.

Die weitere Verarbeitung der Rohseide umfasst das Drehen (Filiren, Mouliniren), Entschälen, Schönen und Färben.

Von den bei der Gewinnung der Rohseide sich ergebenden Abfällen, sowie von (durch Krankheit des Thieres) verdorbenen, unvollständigen und durchlöcherten Cocons erhält man eine Seide, die behufs Erzeugung eines Fadens ähnlich wie die Wolle oder die vegetabilischen Spinnfasern gereinigt und gesponnen werden muss. Diese heisst im Handel im Allgemeinen Floret-, Filosell- oder Flockseide und wird in viele Sorten geschieden.

Damit die Seide ihre volle Schönheit zur Geltung bringen kann, muss sie gekocht, entschält oder degummirt, d. h. mit einer heissen Seifenlösung behandelt werden, wodurch die Fäden von dem leimigen Ueberzug befreit werden und weich, geschmeidig und lebhaft glänzend erscheinen. Man unterscheidet halb und ganz gekochte (gesottene) Seide. Statt des Kochens der Seide wendet man auch das sog. Soupliren an, das der Rohseide die Eigenschaften der gekochten Seide ohne besonderen Gewichtsverlust verleihen soll. Nachdem die Rohseide durch Erwärmen in 10proc. Seifenlösung auf 25—30° „weich gemacht" und mit verdünntem Königswasser (und mittelst Schwefelung) gebleicht worden ist, wird sie „souplirt", d. h. mit Weinsteinlösung sehr sorgsam behandelt. An Stelle des Weinsteins können auch Salzsäure, Magnesiumsulfat oder Natriumsulfat verwendet werden.

Bau und Zusammensetzung der Seide[1]).

Der Seidenfaden besteht, wie aus dem Vorhergesagten ersichtlich, aus zwei verschiedenen Substanzen: aus dem Stoffe, der den

[1]) v. Höhnel, Mikroskopie etc., S. 138 ff.

Faden bildet, dem hornartigen, schwefelfreien Fibroin oder Seidenfaserstoff, und dem Secrete der vorderen Drüsen, dem Sericin oder Seidenleim. Da letzterer im trockenen Zustande spröde, rauh, rissig und faltig ist, so muss er, um die Schönheit des Seidengarnes hervortreten zu lassen, durch das Schälen entfernt werden; daraus folgt nun wieder, dass ungekochte Rohseide stets aus Coconfäden (d. i. aus den beiden zusammengeleimten Drüsenfäden), da-

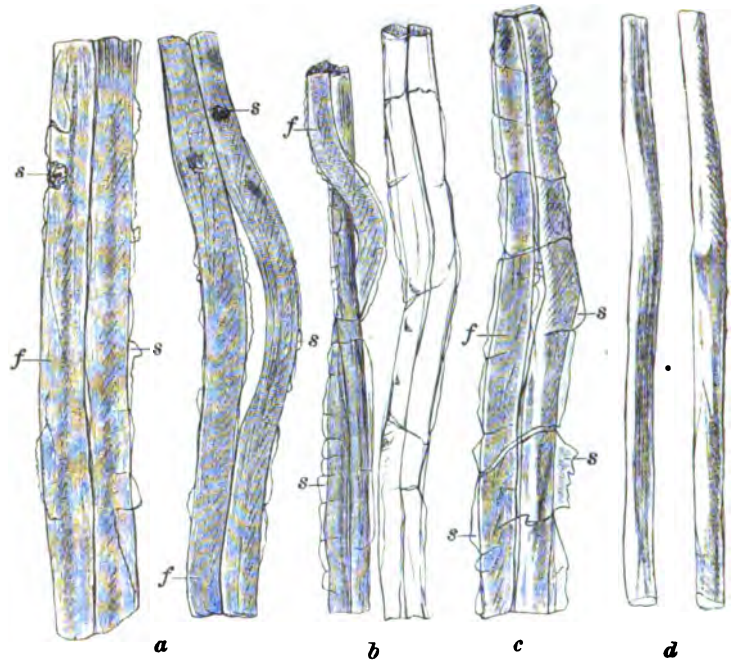


Fig. 98. Echte Seide. a Italienische feine Organsinseide, ungekocht, b Floretseide vom äusseren Fadengewirre, c solche von der Dattel. d Feine Organsinseide, gekocht. f Drüsenfaden, s Sericinhülle.

gegen gekochte Seide aus den losen, nicht zusammenhängenden leimfreien Drüsenfäden besteht.

Die mikroskopische Untersuchung der Seide wird in Wasser vorgenommen. Auch dem Anfänger wird es bald leicht gelingen, den Seidenfaden, dem seiner Entstehung gemäss jeder celluläre Charakter fehlen muss, von jeder anderen Spinnfaser auf den ersten Blick unterscheiden zu können. Der (ungekochte) Coconfaden (Fig. 98, a—c) erscheint als ein Doppelfaden mit ziemlich parallelen Contourlinien, der stellenweise mit aufgelagerten wulstartigen Massen, Schollen, Körnchenanhäufungen oder mit einer faltig-rissigen Hülle versehen ist.

Diese Auflagerungen sind von dem Seidenleim gebildet. Verhältnissmässig wenige solcher Sericinmassen zeigt der Faden der mittleren Coconschichte (a). Hingegen ist der der Dattel (c) so dicht in Sericin eingehüllt, dass letzteres als ein faltiger, wulstiger, häufig mit Querrissen versehener Schlauch erscheint. Nach den Untersuchungen von v. Höhnel erklären sich diese Erscheinungen sehr einfach durch die Verkürzung der Seidenfaser beim Erstarren; hiebei bildet die starr werdende Sericinmasse Falten. „Die Querrisse und Falten der Sericinschicht entstehen beim Biegen und Zerren der sehr elastischen Fibroinfäden. Während diese einfach gedehnt werden, zerreisst die Sericinhülle in kurze Cylinder, die nach dem Aufhören der Zerrung wieder an einander stossen und durch feine Querlinien von einander getrennt sind. Am mannigfaltigsten sind die Verhältnisse der Sericinhülle in der inneren Floretseidenschichte, wo das Sericin zu einer Grundmasse verschmilzt, in welcher die Fibroinfäden eingelegt sind.“ (v. Höhnel.)

Auch am Querschnitt zeigen die Fadenpartien der verschiedenen Coconabtheilungen besondere Verschiedenheiten. Während die Querschnitte der Drüsenfäden der Mittelschichte rundlich oder halbrund sind, erscheinen die des äusseren Fadengewirres und der Dattel einseitig plattgedrückt, oft sogar dreieckig und das Fadenpaar des Coconfadens stösst mit den schmalen Dreieckseiten zusammen. Nicht selten findet man auch den parallelen Verlauf der Fäden für eine kurze Strecke gestört, ein Drüsenfaden weicht von seinem Paarling ab, biegt seitwärts aus (a, rechts) und lässt einen leeren Zwischenraum frei; ja es kann sogar zu einer spiraligen Umlagerung (mit einer Windung) kommen (b, links), wenn die eine Drüse rascher secernirte, als die andere. Es kommen übrigens auch Partien an dem Coconfaden vor, an welchen keine Sericinmasse zu erkennen ist.

Bei der Beobachtung der ungekochten Seide hat sich der Anfänger davor zu hüten, die beiden Drüsenfäden etwa als die Wand, und die dunklen Trennungslinien als das Lumen einer Faserzelle anzusehen. Die structurlose homogene Masse des Drüsenfadens, dessen nahezu cylindrische Form (bei der besten Seidenart) durch Heben und Senken des Mikroskoptubus deutlich sichtbar gemacht werden kann, sowie das durch Kochen in Seifenlösung erfolgende Zerfallen des Coconfadens in zwei freie Fäden, wird den Beobachter sofort über die Natur der Fäden aufklären können.

Gekochte Seide besteht aus freien Drüsenfäden; hie und da sind noch die Paarlinge an der Nebeneinanderlagerung zu erkennen. Ein

Drüsenfaden gleicht gewissermassen einem massiven Stabe, dessen Oberfläche glatt und glänzend, dessen Verlauf ein mehr oder weniger gleichförmiger ist; hie und da verschmälert sich der Faden oder es zeigt sich ein kleiner Höcker, eine Ausbuchtung. Eine Structur ist fast niemals zu beobachten. Die Breite eines Drüsenfadens beträgt 10—21 μ, meistens um 16 μ (der mittleren Coconschichte).

Auch die mikrochemischen Eigenschaften der Seide sind so charakteristisch, dass die Seide von jedem Textilkörper anderer Abstammung aufs Bestimmteste unterschieden werden kann.

Concentrirte Schwefelsäure löst die Seide vollständig, Zucker und Schwefelsäure färben sie roth, wodurch der Eiweissgehalt der Seide angezeigt wird.

In kochender Salzsäure löst sich das Fibroin in einer halben Minute, während das Sericin als ein gequollener Schlauch zurückbleibt. (Vergl. exotische Seiden.) Mit Salpetersäure behandelt, erscheint die Seide gelblich gefärbt. Durch Cuoxam wird sie langsam gelöst, von Pikrinsäure, wie Schafwolle, dauernd gelb gefärbt.

2. Exotische Seiden [1]).

Darunter versteht man Seidenarten, die von den Raupen tropischer, vorwiegend indischer Spinner herrühren. Einen nennenswerthen Gegenstand des Handels machen die Yamamayseide und insbesondere die Tussah- oder Tussorseide aus. Erstere stammt von Bombyx Yamamaya, einem in China und Japan vorkommenden Spinner. Auch der daselbst vorkommende Ailanthusspinner, Attacus Cynthia, und ein im Sudan lebender Schmetterling, Bombyx Faidherbii, liefern Seide.

Die Tussahseide wird von den Raupen indischer Spinner, wie Bombyx Selene, B. Mylitta geliefert und wird, wie die Floretseide, zu Garn gesponnen; ein nach Art der Rohseide gesponnener Faden existirt nicht. Sie ist sehr auffällig natur-graubraun, sehr fest und daher nur für dunkel gefärbte Seidenwaren geeignet [2]).

Den exotischen Seidenarten ist eine Eigenschaft gemeinsam, durch welche sie sich insgesammt von der gemeinen Seide unterscheiden. Die Fibroinfäden sind durch eine höchst scharfe und reichliche Längsstreifung (Fig. 99) ausgezeichnet, welche der gemeinen

[1]) v. Höhnel, Mikroskopie, S. 142 ff.

[2]) Nach Perny wird von den Gespinnsten des chinesischen Eichen-Seidenspinners (Saturnia Pernyi) in China durch Abhaspeln Rohseide gewonnen.

Seide fehlt; ausserdem sind sie viel breiter (40—60 μ). Die Längsstreifung ist zwar schon längst bekannt, aber nicht erklärt worden, bis v. Höhnel auf Grund genauer Untersuchungen dieselbe auf das Vorhandensein von Fibrillen und Luftcanälen zurückführte. Der Fibroinfaden besteht aus zahlreichen sehr feinen Fäden, den Fibrillen, die in einer Grundmasse eingebettet sind; letztere löst sich in Chromsäure leichter als die Fibrillen auf. Die Fibrillen verursachen am Drüsenfaden die licht (hell) erscheinenden Längsstreifen; die dunklen schärfer hervortretenden Streifen rühren von verschieden kalibrirten Luftcanälen her, die erst nach Behandlung mit Chromsäure und Schwefelsäure am Querschnitte genau erkannt werden können. „Versetzt man nun solche mit concentrirter Chromsäure gefärbte und dann etwas ausgewaschene Querschnitte mit verdünnter Schwefelsäure, so quellen, wenn letztere die richtige Concentration besitzt, die Fibrillen fast gar nicht auf und bleiben gelbbraun gefärbt, während die Grundmasse stark quillt und farblos wird. So kann man auf eine höchst instructive Weise an einem Querschnitte zugleich Grundmasse, Fibrillen und Luftcanäle nachweisen.“ (v. Höhnel.) Nicht selten findet man an einem Drüsenfaden eine schieflaufende, breite, von parallelen Linien begrenzte Marke (Fig. 99, k), welche den Abdruck eines früher darauf gelegenen Fadens darstellt. Diese Marken sind für die Tussah sehr charakteristisch.

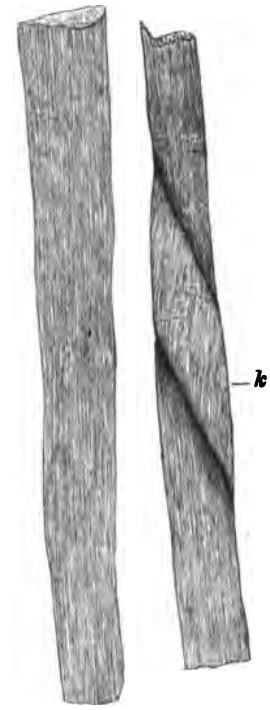


Fig. 99. Tussahseide. Bei k Abdruck eines früher darauf gelegenen Fadens.

Tussahseide und die verwandten Seidenarten lösen sich in Salzsäure erst nach 2 Minuten langem Kochen auf. Als bestes Trennungsmittel echter Seide und der exotischen Arten fand v. Höhnel eine in der Kälte gesättigte Chromsäurelösung, welche mit dem gleichen Volumen Wasser versetzt wurde; nur echte Seide wird von diesem Reagens gelöst, Tussah nicht; auch eine mässig starke Kalilauge übt dieselbe Wirkung aus.

Betrachtet man die Seide im polarisirten Lichte, so zeigt sie charakteristische Farben. Die gemeine Seide erglänzt zwischen den gekreuzten Nikols in einem bläulich- oder gelblich-milchweissen Lichte

und zeigt diese Farbe sowohl auf der Breit-, wie auf der Schmalseite. An Stellen, an welchen die Dicke des Fadens sich ändert, treten andere Farben auf, blau, grün und roth. Da bei der Tussahseide die Dicke des Fadens ausserordentlich wechselt, so zeigt die Breitseite alle Interferenzfarben, die Schmalseite, wegen ihrer besonderen Dicke, nur die sog. hohen Farben, hellrosa, hellgrün auf dunklem Grund in Gestalt länglicher Flecken [1]).

Die Gespinnste einiger unserer einheimischen Spinner, wie des grossen Wiener Nachtpfauenauges (Saturnia pyri), des kleinen Nachtpfauenauges (Saturnia spini) werden als wilde Seide bezeichnet und finden mitunter Verwendung zu Gemischen. Ihre Drüsenfäden sind theils glatt, wie die der gemeinen Seide, theils fein gestreift und zeigen sonach Uebergänge von dieser zu den exotischen Seiden.

Fig. 100. Muschelseide. e Endstück, m breite eingeschlagene Fasern, m' eine solche mit einer abzweigenden dünnen Faser, r Rissstelle.

3. Muschelseide.

Die Steckmuscheln, wie Pinna nobilis und andere Pinnaarten, besitzen einen schlanken wurmförmigen Fuss, der einen aus zahlreichen 4—6 cm langen Fasern bestehenden Bart (Byssus) spinnt. Diese Fasern von brauner Farbe und etwas wolliger Beschaffenheit bezeichnet man als Muschelseide. Aus ihr erzeugt man in Unteritalien allerhand Geflechte und kleine Webwaren, ausserdem wird sie auch in der Normandie gesammelt und verarbeitet.

Da die Muschelseide aus kurzen, endlich begrenzten Fasern besteht, so findet man häufig natürliche Enden (Fig. 100, e), die abgerundet, mitunter ein wenig knopfartig erweitert erscheinen. Dadurch unterscheidet sich diese Seide von allen Raupenseiden. Es gibt schmale Fasern von 18—25 μ Durchmesser und breite, die meist 40—60 μ (nach v. Höhnel bis 100 μ) im Querschnitte messen. Sie

[1]) Ausführliches darüber in v. Höhnel, Mikroskopie, S. 153—155.

sind höchst zart längsgestreift, flach bis elliptisch im Querschnitte, sehr häufig bandartig gedreht (Fig. 100), und dann erscheint selbstverständlich die schmale Seite viel dunkler. Die Rissstellen sind mehr oder weniger eben, auch abgestuft, aber niemals faserig; an diesen kann man häufig die Dicke der Faser wahrnehmen. Sehr auffällig erscheint die Abzweigung sehr dünner Fasern von breiten (m'); auch kann nicht selten eine verschieden dichte Auflagerung kleiner brauner Körnchen beobachtet werden.

Künstliche Seide.

Schon im Jahre 1884 hat M. de Chardonnet der Académie des sciences in Paris mitgetheilt, dass er ein Verfahren entdeckt habe, künstliche Seide zu erzeugen und nach der erst 1887 erfolgten Veröffentlichung dieses Verfahrens erfuhr man, dass das neue Product im Wesentlichen Collodium ist. Die ursprüngliche Darstellungsmethode schildert Chardonnet folgendermassen[1]): „Man löst zunächst 3 g Nitrocellulose in 100—150 ccm Aetheralkohol (der aus gleichen Theilen Aether und Alkohol besteht). Hiezu setzt man 2,5 ccm einer 10proc. filtrirten Lösung von Eisenchlorür in Alkohol. Statt Eisenchlorür kann auch Zinnchlorür verwendet werden. Hierauf setzt man 1,5 ccm einer alkalischen Tanninlösung hinzu. Das Gemenge dieser Lösungen wird in einem geschlossenen, die Verdunstung verhindernden Apparate filtrirt. Die so erhaltene, fast klare Flüssigkeit wird nun in ein Reservoir gelassen, das unten eine Abflussröhre besitzt. Diese Röhre, welche aus Glas oder Platin besteht, bildet einen spitzen Conus mit einer Oeffnung an der Spitze von 0,1—0,2 mm Durchmesser. Die Dicke des Randes der Ausflussöffnung darf 0,1 mm nicht überschreiten. Die Ausflussröhre mündet in eine Cuvette, welche mit durch $1\frac{1}{2}$ Procent Salpetersäure angesäuertem Wasser gefüllt ist. Wenn das Niveau der Flüssigkeit im Collodiumreservoir um einige Centimeter höher ist, als das in der Cuvette, so fliesst das Collodium leicht aus. Es nimmt im angesäuerten Wasser sofort eine gewisse Festigkeit an und kann durch einen gleichmässigen Zug fein ausgezogen werden. Der so erhaltene Faden wird nun rasch während seines Durchganges durch einen Raum, in welchem trockene, aber nicht erwärmte Luft circulirt, getrocknet

[1]) Nach v. Höhnel, Ueber die Collodiumseide, Mittheilungen des k. k. Technologischen Gewerbemuseums in Wien, Section für chemische Gewerbe. Neue Folge IV, Jahrg. 1890, Nr. 1—4, S. 2.

und kann hierauf sofort aufgehaspelt werden. In die Collodiumlösung kann eine grosse Anzahl von in Aether löslichen Färbesubstanzen eingeführt und auf diese Weise das Product in allen Farben erhalten werden."

Zur Erzeugung der Kunstseide kann sowohl Baumwolle, als auch Holzcellulose verwendet werden. Die Darstellung aus Sulfitcellulose geschieht in der Weise, dass die nitrirte Holzcellulose (Chardonnet bezeichnete sie als Octonitrocellulose, was aber nach Benedikt unrichtig sein soll) zu 6,5 Theilen in 100 Theilen Aetheralkohol (= 38 Theile Aether : 42 Theilen Alkohol) gelöst wird und nun mittelst einer Druckpumpe durch in Capillaren endigende Glasröhren gepresst wird. Die ausgepressten Fäden werden durch Berührung mit Wasser an ihrer Oberfläche fest. Die ausserordentliche leichte Verbrennlichkeit und die Explosionsfähigkeit der nitrirten Cellulose wird durch theilweise Denitrirung bedeutend verringert, die erstere kann durch Zusatz von Ammoniumphosphat nahezu aufgehoben werden.

Eine andere von Vivier erzeugte Kunstseide besteht aus einer Lösung von Nitrocellulose in Eisessig (auch Holzessig) nebst einem Zusatz von Fischleim und Guttapercha; das Product wird in Natronlauge, Albumin und Sublimat gehärtet. Andere Arten von Kunstseiden stammen von Lehner (Lösung von Nitrocellulose im Holzgeist mit Zusatz von aufgelösten Seidenabfällen und concentrirter Essigsäure), von Langhans, von Hummel (Gelatinefäden in Formaldehyddämpfen gehüllt) u. A. [1]).

Für den technischen Mikroskopiker ist es zunächst von grösster Wichtigkeit, die mikroskopischen und mikrochemischen Eigenschaften der Kunstseiden behufs Unterscheidung von den echten Spinnerseiden festzustellen. Die ursprünglich von Chardonnet aus Sulfitcellulose hergestellte Kunstseide erscheint im Mikroskop als ein bis 50 μ dicker, im Mittel über 20 μ messender längsgestreifter oder mit mehreren Längsleisten versehener Faden, an dem man stellenweise sogar luftführende Lücken oder Canäle auftreten sieht. Querschnitte geben uns die Erklärung dieser Längsstreifung und Leistenbildung; sie sind vielfach gebuchtet, eingeschnitten, mit vorgezogenen, verbogenen, eingefalteten Vorsprüngen versehen, so dass es, wenn solche Vorsprünge sich bei der Einfaltung an die Hauptmasse anlegen, zur Bildung innerer

[1]) Vergl. die Zusammenstellung dieser Methoden von K. Hassack, Ueber Surrogate für Seide. Vorträge des Vereins zur Verbreitung naturwiss. Kenntnisse, Wien 1899, 39. Jahrg., 9. Heft.

Hohlräume kommen kann und die Faser dann an dieser Stelle thatsächlich einer Röhre gleicht. Die Vorsprünge und Buchten etc. sind selbstverständlich die Folgeerscheinungen des Erstarrungs- bezw. Eintrocknungsprocesses der ursprünglich teigig-flüssigen Collodiumfäden. Sie waren auch die Ursache, dass der Glanz dieser Fäden wohl ein kräftiger, aber durchaus kein einheitlicher, also kein voll-

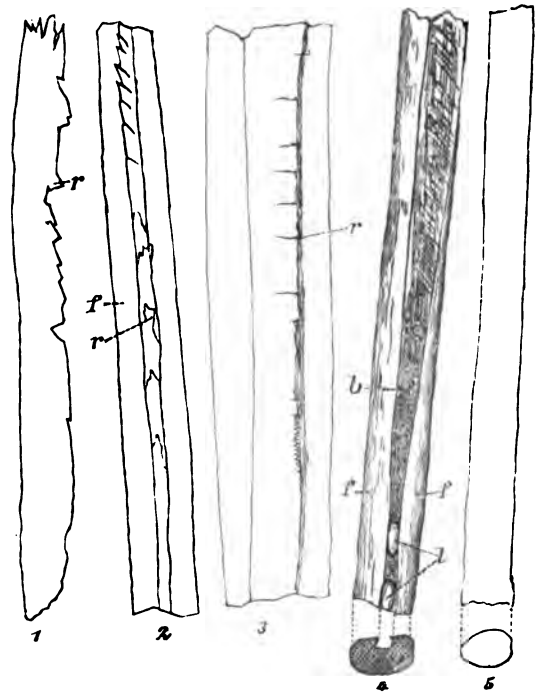


Fig. 101. Kunstseide (Chardonnetseide, wird durch Behandlung mit Jod-Jodkaliumlösung violett, daher wahrscheinlich Baumwollcollodium). 1 Faser von der Schmalseite gesehen, mit Sägezähnen und Rissen (durch Zerrung entstanden). - 2 Faser von der Breitseite mit Scheinkanal und Sägezähnen r. — 3 Sehr breite Faser, nur wenig demolirt. — 4 Unversehrt mit beginnendem Scheinkanal; l Luftblasen, unten der Querschnitt. — 5 Unversehrte sehr schmale Faser ohne Scheinkanal, unten der Querschnitt. — f Eingefaltete Längsränder, b die darunter liegende Fläche der Breitseite.

kommener Seidenglanz gewesen. Die gegenwärtig im Handel vorkommende Chardonnetseide zeichnet sich hingegen durch einen höchst kräftigen, gleichartigen, den der echten Seide weitaus übertreffenden Glanz aus. Das mikroskopische Bild (Fig. 101) gibt uns Aufschluss über die Ursache dieser prachtvollen optischen Erscheinung. Die Kunstseide ist nicht mehr, wie früher, so reichlich mit Streifen und Längsleisten versehen, sondern die Faser gleicht im einfachsten Falle und bei vollkommenster Entwicklung einem

cylindrischen oder (im Querschnitt elliptisch) abgeflachten massiven, structurlosen, durch und durch homogenen, durchsichtigen und an der Oberfläche glatten Stabe (Fig. 101, 5); doch sind diese Faserformen nicht eben häufig, hingegen ist die Mehrzahl der Fäden mit einem oder mit zwei Streifen versehen, welche von den eingeschlagenen (eingebogenen) Längsrändern der Faser herrühren; sie können sich berühren oder — und das ist der häufigere Fall — sie lassen zwischen sich einen verschieden breiten Raum frei, der dann eine auffallende Aehnlichkeit mit dem Lumen einer vegetabilischen Faser hat (Fig. 101, 2 und 4). In der plastisch dargestellten Faser 4 der Fig. 101 ist rechts der Beginn der Randeinfaltung gezeichnet und in dem darunter stehenden Querschnitte wird die Bildung des Scheincanals deutlich. Der Querschnitt ist elliptisch oder rundlich. Manche Fäden sind noch mehr flach, fast bandartig, und dieses bandartige Verhalten ist wohl eine Folge des beim Aufhaspeln ausgeübten Druckes der Fadentheile auf einander, wodurch die im Innern noch weiche Fadenmasse auf dem Haspel flach gepresst wird. Nicht selten liegen in dem Scheincanal Luftblasen (4 l), welche die Aehnlichkeit des Scheincanales mit einem Zelllumen noch mehr verstärken. Wenn die zwei eingeschlagenen Längsränder einander fast berühren, so können sie den Eindruck hervorrufen, als ob der Faden aus zwei Fäden (analog den beiden Drüsenfäden der echten Seide) zusammengesetzt wäre. Es ist in Bezug auf das äussere Verhalten (von der Dicke abgesehen) gleichgiltig, ob man die Fäden in Wasser oder in Glycerin beobachtet. Doch gibt sich insoferne ein wesentlicher Unterschied kund, als die Kunstseide im Wasser sehr stark, nach meinen Messungen im Mittel um 44 % aufzuquellen vermag [1]). In Glycerin messen die Breiten 10,8—36 μ, in Wasser 21—61 μ. Ein mittelstarker Faden von 25 μ Breite, in Glycerin gemessen, quillt im Wasser bis zu 36 μ Breite auf. — Die Riss- oder Bruchenden sind entweder glatt oder seltener splitterig, aber niemals faserig, was bei dem vollständigen Mangel einer Structur auch erklärlich erscheint.

Von besonderem Interesse sind die Erscheinungen an gezerrten, gedrehten und gebrauchten Fasern. Wir finden an diesen parallele Querrisse (Fig. 101, 3) oder sägezähnige Einrisse in mehr oder weniger regelmässiger Aufeinanderfolge (Fig. 101, 1 und 2), die der Faser in der Seitenansicht ein höchst charakteristisches Aussehen geben.

[1]) Hassack (siehe Note auf S. 142) findet, dass die Dickenzunahme $^1/_3$—$^1/_2$ der Breite im trockenen Zustande beträgt; sein Befund stimmt daher im Allgemeinem mit meinem überein.

Dieses Verhalten, sowie die Quellung im Wasser und die neuestens nachgewiesene Verringerung der Festigkeit beim Nasswerden lassen die technische Brauchbarkeit der Kunstseide in einem etwas zweifelhaften Lichte erscheinen.

Die oben angegebenen mikroskopischen Eigenschaften der Kunstseide können für den Anfänger unter Umständen nicht ausreichen, die Faser sicher zu erkennen. Er wird daher das mikrochemische Verhalten untersuchen müssen und finden, dass dieses in ausgezeichneter Weise geeignet ist, die Kunstseide zu charakterisiren.

In heisser Kalilauge löst sich dieselbe nach einiger Zeit, in kalter quillt sie, bleibt aber sonst unverändert, in Kupferoxydammoniak und in concentrirter Schwefelsäure wird sie augenblicklich gelöst. — Gleichwie die Holzcellulose von Jod nicht gefärbt wird, d. h. das Jod nicht aufspeichert (s. S. 99), so ist dies auch bei der aus Sulfitcellulose dargestellten Kunstseide der Fall. Baumwollseide dagegen färbt sich, wie v. Höhnel für die von ihm untersuchten Muster angibt, intensiv braun, speichert also Jod gerade so auf, wie die Fasern des Baumwollhadernpapiers. Das Verhalten der neuen Chardonnetseide gegen Jod ist nach meinen Untersuchungen folgendes. In rubinrother Jodjodkaliumlösung färbt sich dieselbe braun bis schwarzbraun und wird ganz undurchsichtig; wird die Jodlösung abgetupft und dem Präparate Papierschwefelsäure zugefügt, so erscheint die Faser schwarz, an den Rändern aber mit einem deutlichen Stiche ins Blaue. Verwendet man aber eine sehr verdünnte, nur blassgelbe Jodlösung, so erscheinen die Fasern hellviolett, durchscheinend; werden sie darauf mit Papierschwefelsäure behandelt, so quellen die Fasern auf und sind prächtig blau gefärbt, hie und da mit einem Stiche ins Violette. Es verhält sich also die Faser theils wie Baumwoll-, theils wie Cellulosepapierstoff. Die Farben sind schon makroskopisch, mit freiem Auge, sichtbar. Es ist sonach durch die Ueberführung in Collodiumseide ein wesentlicher Charakter der Cellulose nicht geändert worden, und zwar, was besonders merkwürdig erscheint, ein chemischer. Dass aber auch gewisse physikalische Eigenschaften nicht verloren gehen, beweist die starke Doppelbrechung des Lichtes durch die Baumwollseide, welche die letztere mit der Baumwolle gemein hat, während die Holzseide nur eine sehr schwache Doppelbrechung zeigt[1]).

[1]) Daran knüpft v. Höhnel folgende bemerkenswerthe Aeusserung: „Man sieht aus dem Gesagten, dass gewisse physikalische Eigenschaften (Aufspeicherungsvermögen von Jod und Doppelbrechung) durch den ganzen Process der Collodium-

Die verschiedenen jetzt in der Technik verwendeten Kunstseiden [1]) bieten im Allgemeinen dasselbe mikroskopische Bild. Doch lassen sich nach K. Hassack einzelne allerdings nur geringe Unterschiede feststellen, durch welche eine schärfere Charakterisirung der Kunstseiden möglich sein soll. Neuestens wird auch mittelst Kupferoxydammoniak eine künstliche Seide dargestellt. Pauly löst Cellulose in dieser Flüssigkeit auf, die Lösung wird in den Spinnapparat geleitet, als Härtungsmittel der Cellulosefäden dient 15proc. Schwefelsäure. Die gewaschenen und unter Spannung getrockneten Fäden haben einen schönen Glanz und geben beim Reiben das eigenthümliche knisternde Geräusch, das der echten Seide eigen ist und als der „krachende Griff" bezeichnet wird.

Die mikroskopische Untersuchung der Gewebe.

Gewebe, Webewaren, Stoff und Zeug bestehen aus zwei verschiedenen Fäden, die sich rechtwinkelig kreuzen, d. h. „ins Quadrat" gewebt sind. Die Längsfäden (Kette, Zettel, Aufzug, Werft, Schweif) werden von dem Querfaden (Schuss, Einschuss, Einschlag, Weft, Eintrag, Trama) in regelmässigem Hin- und Herlauf durchkreuzt; es muss daher der Schussfaden an der Kante (Sahlband, „Endel") nach jedem Schusse umkehren. Man kann also, wenn man ein Stück Gewebe mit der Kante vor sich hat, sehr leicht Kette und Schuss erkennen [2]).

---

seidengewinnung unberührt bleiben. Eine Thatsache, die vielleicht von grösserem wissenschaftlichem Werthe ist, da sie im Stande ist, ein Licht auf die Ursache der Doppelbrechung der vegetabilischen Zellmembranen zu werfen. Sie sind ein bestimmter Fingerzeig dafür, dass die Ursache in den Molecülcomplexen (Micellen Nägeli's, Tagmen Steffer's) selbst liegt, ganz so, wie Carl Nägeli dies behauptet, und nicht in äusseren Spannungen, infolge von vorhergegangenen Dehnungen etc. Denn wäre Dehnung die Ursache der Doppelbrechung, so müsste die Holzseide dieselbe Doppelbrechung aufweisen, wie die Baumwollseide, was aber nicht der Fall ist." (Mittheilungen des k. k. Technol. Gewerbemuseums, Wien 1890, S. 7—8.)

[1]) Vergl. hierüber den gut orientirenden Vortrag von K. Hassack: „Ueber Herstellung und Eigenschaften der künstlichen Seiden." Oester. Chemiker-Zeitung, Jahrg. 3, 1900, Nr. 1, S. 1—4.

[2]) Der technische Mikroskopiker soll auch über die Technologie der Spinnerei und Weberei gut orientirt sein, weil er dadurch einen Einblick erhält von der Art und Grösse der Einwirkungen dieser Processe auf die Spinnfaser. Eine Skizze der wichtigsten Gewebsgruppen soll hier nachfolgen.

Die mannigfache Abwechslung, welche der Lage der beiden Fadenarten zu einander ertheilt werden kann, bedingt eine Anzahl von Gewebearten, die in vier Gruppen gebracht werden können:

An locker gewebten Stoffen bietet auch die verschiedene Dehnbarkeit Gelegenheit, Schuss und Kette zu unterscheiden, wenn die Kante an dem Gewebestücke fehlt. In der Richtung der Kette ist das Gewebe zumeist viel weniger dehnbar, als in der Richtung des Schusses.

Nach den Rohstoffen unterscheidet man Baumwoll-, Leinen- (dazu auch Hanf- und Jute-), Wollen-, Seiden- und Halbseidengewebe.

I. Glatte Gewebe. Der Schussfaden besitzt nur zwei verschiedene Lagen — einmal über und einmal unter einem Kettenfaden — die Bindung ist mithin die einfachste. In diesem Falle, wenn also Kette und Schuss in einer Zeile regelmässig abwechseln, spricht man von einem leinwandartigen Gewebe. Eine besondere Abart der glatten Gewebe sind gazeartige. Diese zeigen die eine Hälfte der Kettenfäden, z. B. die geraden stets über, die ungeraden unter dem Schussfaden, was dadurch ermöglicht wird, dass zwei unmittelbar auf einander folgende Kettenfäden vor jedem Schuss um einander gedreht werden.

II. Köperartige oder croisirte Gewebe. Dem Schussfaden kommen immer mehr als zwei Lagen zu, er überspringt bei der Bindung zwei, drei oder mehr Kettenfäden und erzeugt auf der Oberfläche schräglaufende zusammenhängende oder unterbrochene Linien. Der geringste Köper ist der dreibindige (dreischäftige, -theilige, -fädige) nach folgendem Schema:

Kette

Schuss								
	—	K	K	—	K	K	—	K
	K	—	K	K	—	K	K	—
	K	K	—	K	K	—	K	K
	—	K	K	—	K	K	—	K

Dreibindiger Köper.

K	K	—	—	K	K	—	—	K	K
—	K	K	—	—	K	K	—	—	K
—	—	K	K	—	—	K	K	—	—
K	—	—	K	K	—	—	K	K	—
K	K	—	—	K	K	—	—	K	K

Bataviaköper.

Beim fünfbindigen Köper liegen in einem Schuss vier Kettenfäden über, einer unter dem Schussfaden, beim Bataviaköper (beidrechter, zweiseitiger) liegt die gleiche Anzahl von Kettenfäden über und unter dem Schuss. — Dem Köper kann auch der Atlas zugerechnet werden, dessen zerstreute Bindung die Kette zum grossen Theil frei (flott, oben) liegen lässt, wodurch die bekannte, bei Seidengeweben stark glänzende Oberfläche des Atlas hergestellt wird.

III. Die gemusterten oder façonirten Stoffe besitzen ebenfalls mehr als zwei, meist eine grosse Anzahl verschiedener Lagen des Schussfadens und die Bindung erzeugt geschlossene Figuren, sog. Muster, wobei Muster und Grund selbst wieder glatt oder geköpert, auch von verschiedener Färbung sein können, um das Muster scharf hervorzuheben.

IV. Sammtartige Stoffe. Auf dem eigentlichen leinwandartigen Gewebe wird eine haarige Decke mit abstehenden oder anliegenden Fäden gebildet, der Flor oder Pol. Am uneigentlichen Sammte (Manchester) wird der Flor mit dem Schussfaden erzeugt, beim echten (Seiden-) Sammt durch eine eigene Kette, die Polkette, welche oberhalb der Grundkette aufgespannt ist.

Die mikroskopische Untersuchung ist zunächst eine qualitative; es müssen beide Fadenarten, Kette und Schuss, auf ihre Rohstoffe geprüft werden. Zu diesem Behufe schneidet man ein 1—2 qcm grosses quadratisches Stück heraus und zerlegt dieses in die Garnfäden; einige derselben — von jeder Fadengattung — werden aufgedreht, in die technischen Fasern zerlegt und diese nun nach bekannter Weise der mikroskopischen Beobachtung unterworfen. Enthält das abgeschnittene Stück voraussichtlich nicht alle verschiedenen Garnfäden, so wird man noch von anderen Stellen des Probeobjectes ein Muster untersuchen.

In Leinwanden sollen Kette und Schuss qualitativ und quantitativ gleich sein, d. h. sie sollen nur aus demselben Rohstoff, also aus Leinenfasern, bestehen und die Garnfäden sollen von der gleichen Stärke sein. Baumwollgewebe (Kattun, Perkal, schottische Leinwand) sollen in beiden Garnfäden gleiche Baumwollsorten enthalten; man wird beispielsweise die Länge und Breite der Haare messen, die Anzahl der todten Haare in einer bestimmten Fasermenge zählen und vergleichen u. s. w.

Viel schwieriger gestaltet sich die Untersuchung von Wollgeweben in Bezug auf die Abstammung der hiezu verwendeten Wolle; besonders erschwert wird sie dann, wenn gefärbte Muster vorliegen. Bezüglich der Details wird auf die Beschreibung der verschiedenen Wollarten verwiesen.

Bei Seidengeweben ist das Augenmerk hauptsächlich darauf zu wenden, ob beide Fadenarten aus Seide bestehen, oder ob eine Art aus vegetabilischer Faser oder einer Wolle — wie dies bei den halbseidenen Stoffen der Fall ist — gebildet ist. Der halbseidene Zeug „Grosgrain“ besteht z. B. aus einer seidenen Kette und einem baumwollenen Schuss. Bei gewissen Seidenbarèges ist die Kette unfilirte Rohseide, der Schuss ist ein Kammgarn.

Die quantitative Untersuchung eines gemischten Gewebes gründet sich auf die verschiedene Löslichkeit der vegetabilischen und thierischen Fasern. Es sei hiebei auf die im Abschnitt Seide gemachten Angaben hingewiesen.

Beispiele von Untersuchungen aus der Praxis.

1. Bei einem der Brandlegung verdächtigen Manne wurde ein Stück einer Schnur gefunden, welches dem am Brandplatz entdeckten offenbar als Zündschnur verwendeten Stücke ähnlich sah. Es sollte

durch die mikroskopische Untersuchung festgestellt werden, ob die beiden Schnurstücke von einer und derselben Schnur herrührten.

Die Brandschnur war aus drei Litzen (= Garnfäden) gedreht, deren jede aus Hanf gesponnen war. Die bei dem Manne vorgefundene Schnur bestand ebenfalls aus drei Litzen, aber nur zwei derselben waren Hanflitzen, die dritte war eine Jutelitze. Schon in der Schnur unterschied sich diese durch die lichtere gelbgraue Farbe, durch den stärkeren Glanz und durch das von mir stets besonders hervorgehobene Merkmal der Jute, die Auffaserung, welche der Litze ein fast wergartiges Aussehen gab. Die Erkennung der Jute ist bekanntlich eine sehr leichte.

Es konnte somit das Gutachten dahin abgegeben werden, dass die beiden Schnurstücke nicht von einer und derselben Schnur abstammen. Es war somit ein schweres Verdachtmoment beseitigt.

Die Einschaltung einer fremdfaserigen Litze in eine Hanfschnur ist wohl als eine Verfälschung oder wenigstens als eine Werthverminderung zu betrachten.

2. Zur Untersuchung gelangte eine Rehschlinge, an der röthlich gefärbte Stellen sichtbar waren. An der Ledertasche eines des Wilddiebstahles verdächtigen Zimmermannes fand sich ebenfalls eine Schnur (mit röthlich gefärbten Stellen) vor, und es sollten nun folgende drei Fragen beantwortet werden: 1. ob die beiden Schnüre identisch wären, d. h. von einem Stücke herrührten, 2. ob der Farbstoff an beiden Schnüren derselbe sei und 3. ob die Schnüre sogenannte Zimmermannsschnüre wären. Die Untersuchung in Bezug auf den ersten Punkt ergab Folgendes: Die Rehschlinge war aus vier Spagaten links zusammengedreht, jeder Spagat aus zwei Litzen rechts, jede Litze für sich wieder links gedreht. Alle Litzen bestanden nur aus ziemlich reinem Hanf, dessen Fasern noch vorzüglich erhalten waren. (Die Gerbstoffschläuche waren reichlich zu beobachten, die Enden der Hanffaserzellen grösstentheils einfach.) Nach dieser Zusammensetzung war die Rehschlinge thatsächlich aus einer Zimmermannsschnur hergestellt.

Die Schnur an der Tasche war eine sog. Zuckerschnur, ein grobes Stück, aus drei Litzen rechts gedreht, jede Litze für sich links. Alle Litzen bestanden aus Hanffasern, die aber gebleicht und (wohl durch den Gebrauch) stark demolirt waren.

Somit war nachgewiesen, dass beide Stücke gänzlich verschiedener Art und verschiedener Herkunft sein mussten. Die Flecke an der Rehschlinge gaben (mit Salzsäure ausgekocht, die Flüssigkeit

filtrirt und mit Ferrocyankalium versetzt) reichlich Berlinerblau, bebestanden demnach aus Eisenoxyd (Zimmermannsfarbe = Engelroth); die Flecke an der zweiten Schnur gaben keine Eisenreaction.

3. Welche schwierigen und oft gar nicht lösbaren Fragen an den technischen Mikroskopiker gestellt werden, beweist folgender Fall. Es sollte untersucht werden, ob der Pfropf, der von einem Schusse (aus einem Vorderladergewehr) herrührte, in seiner Zusammensetzung identisch sei mit dem Futter des Rockes, welchen der des Mordes Verdächtige besitzt; das Futter war an einer Stelle aufgerissen und von der Futterwatte fehlte ein Stück. Die mikroskopische Untersuchung des Pfropfes ergab, dass er aus einer sehr unreinen Baumwollwatte bestand; es wurden reichlich Partikel der Baumwollsamenschale mit daran sitzenden Haaren, viele schlechte, dünnwandige, zusammengeknäuelte, kurze Baumwollhaare, ferner Zwirnreste (von Leinenzwirn), kleine rothgefärbte Federpartikel etc. gefunden. Genau dasselbe zeigte auch die Futterwatte des Rockes. Wenn auch die Identität der beiden Objecte sehr wahrscheinlich erschien, so wurde doch in dem Gutachten nur gesagt, dass beide Corpora aus demselben Stoff bestünden, dieselben Verunreinigungen besässen und dass es naheliegend sei, dass der Pfropf aus der Futterwatte herrühre; es müsse aber nicht gerade die Futterwatte dieses Rockes gewesen sein, denn mit einer Wattetafel können mehrere Röcke gefüttert werden u. s. w.

4. In einer Zollstation langten weisse und gelbe Garnmuster ein, deren Tarifirung wegen fehlender näherer Bezeichnung nicht durchführbar schien; die Ware dürfte, wenn ich mich recht erinnere, als chinesisches Garn declarirt worden sein.

Das Garn bestand aus meist einzelnen Sklerenchymfasern von ansehnlicher Breite, die bis 80—82 μ betrug; die Zellwand besass reichlich Längsspalten, Querverschiebungen, die Enden spitz und stumpf, die Querschnitte elliptisch oder flach, das Lumen gross, die Zellwand im Querschnitt mit Querspalten. Das Garn erwies sich als ein Ramiegarn.

5. Ein Stück mittelfeiner Leinwand erschien dem Käufer wegen des niedrigen Preises verdächtig und wurde von demselben zur Untersuchung vorgelegt. Beide Garnfäden bestanden aus Flachsfasern; darunter waren zahlreiche, verhältnissmässig kurze, mit weitem Lumen und mit mehr oder weniger abgerundeten Enden versehene Fasern, die an Hanf erinnerten. Da gar keine Fasern mit gegabelten Enden, keine begleitenden Gewebselemente der Hanffaser, dagegen

aber Oberhautreste des Leinenstengels gefunden wurden, so konnte das Urtheil nur dahin lauten, dass in der Leinwand wohl Towgarn, aber kein Hanfgarn nachzuweisen war.

6. Bei den Untersuchungen von Wollgeweben, insbesondere von Tuchsorten, handelt es sich in der Regel um die Beantwortung folgender drei Fragen: Enthält das Muster ausser Schafwolle noch andere Wollarten oder vegetabilische Fasern; lässt sich in demselben Kunstwolle nachweisen oder besteht es nur aus dieser und endlich: Ist eine Tuchprobe von derselben Güte, wie eine zweite? Die erste Frage ist in den meisten Fällen mit grosser Sicherheit und selbstverständlich sehr leicht zu beantworten wenn es sich um Beimischung vegetabilischer Fasern handelt, weit schwieriger dagegen, wenn fremde Wollarten in einem Schafwollgewebe nachgewiesen werden sollen. Die beiden anderen Fragen dagegen erfordern nebst einer höchst genauen und eingehenden mikroskopischen Untersuchung meist auch eine genügend ausführliche technologische Prüfung des Objectes und, wenn es gefärbte Wollwaren sind, auch eine chemische. Von den recht zahlreichen in den letzten Jahren von mir durchgeführten Untersuchungen will ich drei auswählen, die gewissermassen als die Typen derartiger Arbeiten angesehen werden können.

Ein graumelirtes Wollgewebe wurde wegen eines angeblichen Gehaltes an Shoddy oder einem anderen minderwerthigen Stoffe zur Untersuchung vorgelegt.

Durch Ausbürsten mit der scharfen Bürste erhielt man einen allerdings sehr geringen kurzfaserigen Abfall, der aus weissen bezw. farblosen und aus gelb, blau, rosenroth und rothbraun gefärbten Haaren bestand. Die Haare hatten theils glatte, theils gepinselte Enden, die Epidermisschuppen waren an allen deutlich, die Schuppenanzahl betrug 10 auf 100 μ; nur Wollhaare. Der Schussfaden, gelblichgrau, stark aufgerauht, führte dreierlei Haare: a) farblose Wollhaare ohne Mark mit meist glatten Enden (sehr selten eines davon zersplissen) mit vollständiger Epidermis; Schuppenzahl 10 auf 100 μ, Breite der Haare 15—40 μ, die 30—40 μ breiten in der Ueberzahl (Tertia—Quarta); sind Schafwollhaare; — b) blau gefärbte Haare, sonst von der Beschaffenheit der vorigen, also ebenfalls Schafwollhaare; — c) bräunlichgelbe Grannenhaare, 30—50 μ breit, mit meist breitem Markcylinder, starker Faserschicht mit braunen, in Streifen verlaufenden Farbstoffanhäufungen; Epidermiszellen mit dicken Rändern, Markzellen mit deutlichen Wänden; dazu gehören d) bräunliche, markfreie Wollhaare, 15—18 μ breit; die Epidermisschuppen

hoch, der Rand schief mit einem Zahne, 6—7 auf 100 μ; — c) und d) sind Kameelhaare. — Der Kettenfaden zeigte dieselbe Zusammensetzung. Der Abfall würde auf einen Zusatz von Shoddy hinweisen, war aber zu unbedeutend und in den Garnen konnte auch nur hie und da ein anders gefärbtes Haar nachgewiesen werden; es war also von einem Shoddyzusatz abzusehen; dagegen musste in dem Gutachten bemerkt werden, dass (falls das Muster als ein Schafwollgewebe bezeichnet worden war) eine den Werth vermindernde Beimischung mit Kameelwolle stattgefunden und dass nach Auszählung der Fasern mehrerer Garnstücke diese Beimischung gegen 50 Procent betragen hat.

7. Ein einfärbig-blauschwarzes Tuchmuster war auf einen Gehalt an Kunstwolle zu prüfen. Das Tuch war ziemlich dünn, weich, leicht, die Filzdecke ziemlich locker. Kette und Schuss konnten leicht — obwohl keine Kante an dem Muster vorhanden war — an der verschiedenen Dehnbarkeit erkannt werden. Nach der Richtung der Kette war die Dehnbarkeit sehr gering, dagegen in der Schussrichtung sehr bedeutend. Mit der scharfen Bürste liessen sich reichlich kurze Faserstücke, die grösstentheils Wollhaare waren, ausbürsten; da sie in der Mehrzahl keine glatten Enden besassen, so stammten sie nicht von Tuchscheerabfällen, welche bekanntlich hie und da in die Filzdecke des Tuches eingearbeitet werden. Ketten- und Schussfäden zeigten dieselbe Zusammensetzung. Die Fasern hatten eine Länge von 1—6 cm, doch waren 2—3 cm lange Fasern vorwaltend. In Wasser eingelegt erschienen dieselben als hell- oder dunkelblau bis blauschwarz gefärbte Wollhaare, einzelne liessen sich sofort als Baumwollfasern erkennen. Wurde nun die Probe mit Salzsäure behandelt, welche die einheitliche Tuchfarbe zerstört und die ursprünglichen Farben der Fasern wieder sichtbar macht, so fand man blau, roth, violett, rothbraun und gelbbraun gefärbte Schafwollhaare; die Baumwollhaare erschienen theils farblos, theils blau, bräunlichgelb oder roth gefärbt. Eine Probe wurde in warme Kalilauge gelegt; die Wollhaare quollen selbstverständlich darin mächtig auf und zeigten ebenfalls verschiedene Farben, wie tiefblau, blassviolett, braunviolett und gelbbraun; die gefärbten Baumwollhaare waren braun. An zahlreichen Wollhaarstücken waren die Enden aufgepinselt, kurze Stücke zeigten sich nicht nur an beiden Enden, sondern auch im Längsverlauf so zerfasert, dass man von einer förmlichen Zersplitterung sprechen konnte. An den längeren waren reichlich Riss- und Auffaserungspartien zu beobachten. Namentlich

die violetten Haare zeichneten sich durch das Fehlen der Epidermis aus. Die in Salzsäure roth erscheinenden Haare waren schwächer, (20—25 μ), die violetten fast durchwegs weit stärker (30—36 μ). Grannenhaare wurden nur vereinzelt (mit Markinseln) gefunden. Auffällig war auch die leichte Zerreissbarkeit der Garnfäden und die kurzfaserigen Rissstellen derselben. Nach zahlreichen Zählungen konnte festgestellt werden, dass auf 10 Schafwollhaare ein Baumwollhaar entfalle.

Aus dem Mitgetheilten ist ersichtlich, dass die Untersuchung solche positive Resultate ergeben hatte, wie sie für eine sichere Beurtheilung nothwendig sind. Schon das Vorkommen von Baumwolle in einer Menge von etwa 10 Procent liefert einen unumstösslichen Beweis dafür, dass die Tuchprobe Kunstwolle enthält. Denn in einer guten Tuchware kommt niemals Baumwolle vor. Jeden Zweifel hebt aber die Thatsache auf, dass verschieden gefärbte Wollhaare die Hauptmasse des Garnfadens bilden. Hiezu kommt noch, dass die Mehrzahl der Schafwollhaare kurz ist, dass viele Haare weitgehende Demolirungserscheinungen aufweisen, aufgepinselte Enden besitzen und manche auch frei von der Epidermis sind, dass in einem und demselben Garn Wollen von gänzlich verschiedener Stärke (und Farbe), also von verschiedener Qualität sich befinden und dass die Garnfäden auffallend leicht und sehr kurzfaserig reissen. Somit konnte gesagt werden, dass die Tuchprobe zum grössten Theil aus Kunstwolle zusammengesetzt ist.

8. Die oben sub 6 angeführte zweite Frage berührt folgender Fall: Es soll untersucht werden, ob ein Tuchmuster A dem Tuchmuster B an Güte des Rohstoffes gleichwerthig ist.

Das Tuchmuster A war ein glattes, leinwandartiges Wollgewebe mit beiderseitiger Filzdecke, wodurch es als Tuch charakterisirt ist. Der Kettenfaden: nur markfreie Wollhaare mit scharf abgeschnittenen Enden, vereinzelte mit Pinselenden, viele Haare mit ungleichmässigem Verlauf, die Differenzen in der Breite oft scharf abgesetzt, die Haare demnach absätzig oder untreu. Mittlere Breite 17—20 μ (ziemlich viele Haare), 23—30 μ (die meisten), Schuppenanzahl auf 100 μ schwankte zwischen 9 und 10. — Einzelne Hundshaare. Die Kette besteht danach aus ziemlich gleich starken, aber absätzigen Secundaschafwollhaaren. — Schussfaden: nur markfreie Wollhaare mit scharf abgeschnittenen Enden, hie und da mit Pinselenden; an einzelnen Haaren ein ungleichmässiger Verlauf bemerkbar. Mittlere Breite 17—20 μ (wenige Haare), 23—30 μ (mehr als

die Hälfte), 30—40 μ die übrigen Haare. Schuppenanzahl 10—11 auf 100 μ. — Der Schussfaden ist von dem Kettenfaden verschieden, besteht aus Secunda-, Tertia- und Quartawolle. — Der Schussfaden ist trotzdem etwas dünner als der Kettenfaden.

Das Tuchmuster B ist ein dreibindiger Köper, härter, dichter und dicker als A. Kettenfaden: feine und grobe Haare, theils mit glatten, theils mit aufgefaserten Enden, stellenweise ohne Epidermis, viele kurze Stücke ohne Epidermis, Lammspitzen: zahlreiche Haare auch im Fasercylinder demolirt, farblose, braune und gelbe Haarstücke; mittlere Breite der langen Haare 20—32 μ, also grösstentheils Tertiawolle. In der Kette ist zweifellos Shoddy vorhanden. — Schussfaden: im Allgemeinen dem Kettenfaden gleich, nur die kurzen, aufgepinselten, verschieden gefärbten Haarstücke viel reichlicher, ebenso Grannenhaare schon mit freiem Auge im Gewebe ziemlich häufig zu beobachten.

Wie das Gutachten zu lauten hatte, ist aus dem Mitgetheilten wohl klar zu ersehen. Das Tuchmuster B ist — abgesehen davon, dass es ein Köper ist und sonach technologisch eine ganz andere Gewebeart darstellt — stofflich von dem Muster A gänzlich verschieden, die Garne enthalten Shoddy und auch die Wolle ist im Allgemeinen gröber. Muster B steht demnach dem Muster A an Güte bedeutend nach.

Viertes Capitel.

Stamm und Wurzel.

I. Holz (des dikotylen und gymnospermen Stammes).

Holz im landläufigen Sinne und in der Praxis bezeichnet die von der Rinde befreite Axe (und Nebenaxen) der Bäume. Man spricht aber auch von Wurzelholz und vom Holze der Palmen, von Bambusholz u. s. w. Man muss daher den technischen Begriff „Holz" ausdehnen auf alle harten und festen Stamm- und Wurzeltheile der höheren Pflanzen, abzüglich der zur äusseren Bedeckung dienenden Gewebeschichten. Was die botanische Wissenschaft unter Holzkörper, Holztheil etc. versteht und inwiefern der technische Begriff „Holz" damit im Zusammenhang steht, soll einer ausführlichen Erörterung am Schlusse dieses Capitels aufgespart werden.

Welche hohe Bedeutung das Holz im Dienste des Menschen erlangt hat, braucht wohl nicht besonders hervorgehoben werden. Als eines der wichtigsten Gewerbematerialien stellt es einen Rohstoff dar, der eine ausserordentlich vielseitige Verwendung zulässt, sich leicht beschaffen und bearbeiten lässt und die verschiedensten technischen Eigenschaften, wie alle Arten von Festigkeit, Leichtigkeit oder Schwere, Zähigkeit und Elasticität, Spaltbarkeit, Dauerhaftigkeit u. s. w., in mehr oder minder vollkommenem Grade besitzt. Wenn auch in vielen Fällen heute das Holz durch andere Materien, z. B. durch das Eisen, verdrängt worden ist, so ist es doch für viele Gewerbe, wie für das Tischler-, Drechsler-, Zimmermannsgewerbe, ganz und gar unersetzlich und dem Menschen unentbehrlich geworden.

Aus praktischen sowohl wie aus wissenschaftlichen Gründen wollen wir zunächst die in den Gewerben gebrauchten Hölzer in drei Gruppen scheiden und zwar in: 1. das Holz der Coniferen (Nadelhölzer); 2. das Holz der Laubbäume (Dikotylen) und 3. die als Holz bezeichneten Stämme und Stammestheile der Monokotyledonen (Palmen, Gräser u. a.). In diesem Abschnitte sollen nur die Hölzer der ersten beiden Gruppen besprochen werden.

Die Scheidung des Coniferenholzes von dem Holze der Dikotylenbäume ist physiologisch und anatomisch eine durchgreifende.

Das Stammholz hat zwei Aufgaben zu vollführen, eine rein mechanische und eine physiologische. Die mechanische Function beruht auf der Festigung der Axe, die physiologische gliedert sich in eine Transportthätigkeit, die Leitung des Wassers (und der darin gelösten Bodensalze) und in die Aufspeicherung von Reservenährstoffen. Es erscheint nun von hohem Interesse, zu untersuchen, mit welchen Hilfsmitteln die Pflanze diese Functionen zu erfüllen vermag.

In den meisten Coniferenhölzern ist zur Festigung des Organes (mechanische Function) und zur Wasserleitung (physiologische Thätigkeit) nur eine Gewebegruppe, also nur ein Organ vorhanden, dessen Bau beiden Aufgaben gerecht werden muss. Es ist somit der einfachere Typus des Holzbaues.

Wenn aber zur Durchführung beider Aufgaben je eine besondere Gewebegruppe an der Zusammensetzung des Holzes theilnimmt, mithin eine Theilung der Arbeit in den Organgruppen eintritt, so haben wir einen höheren Typus der Holzstructur vor uns, der auch einer höheren Entwicklungsstufe der betreffenden Pflanzenabtheilungen entspricht. Dies ist beim Holze der Dikotylen der Fall.

Da die technischen Eigenschaften des Holzes von dessen anatomi-

schem Bau und der stofflichen Zusammensetzung abhängen — und umgekehrt aus der Beschaffenheit des Holzes auf seine technische Verwendbarkeit geschlossen werden kann, so ist einsichtlich, dass sowohl die Kenntniss des Holzbaues als auch der technischen Eigenschaften für den technischen Mikroskopiker unentbehrlich ist.

Wir wollen uns nun zunächst über den Bau des Holzes instruiren.

A. Bau des Holzes[1]).

Wenn wir von allen Unregelmässigkeiten, die sich als Folgen des Wachsthums und verschiedener anderer Einwirkungen darstellen, absehen, so können wir einen Baumstamm mit einem geometrischen Kegel vergleichen, dessen Basis am Erdboden sich befindet und dessen Spitze frei nach aufwärts sieht. Zur Orientirung über den inneren Bau desselben müssen wir die nach den drei Dimensionen des Raumes angebrachten Schnitte untersuchen. Man bezeichnet den senkrecht auf die Längsaxe geführten Schnitt als Quer- oder Hirnschnitt (Fig. 102, iai); Schnitte parallel mit der Längsaxe gezogen heissen Längsschnitte, und es wird der Schnitt durch die Axe (in einem Durchmesser) als Radial- oder Spiegelschnitt, dagegen der zu einer Sehnenebene parallele Schnitt als Tangential-, Sehnen- oder Fladerschnitt bezeichnet (Fig. 102, aa und dd).

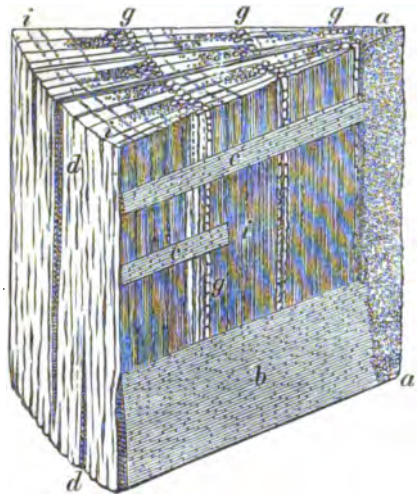


Fig. 102. Schema eines Laubholzkeiles. (Th. Hartig.) a Mark, b und c Markstrahlen auf der radialen Fläche, d auf der tangentialen Fläche, g Gefässgruppen (Porenringe), i Herbstholz, a a radialer Längsschnitt, d d tangentialer Längsschnitt, i a i Querschnitt.

Wir wollen nun untersuchen, welche auffälligen Merkmale an den drei Schnitten eines Coniferenholzes wahrgenommen werden

[1]) Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, S. 517. — J. Moeller, Das Holz, Cassel, 1883. — R. Hartig, Die anatomischen Unterscheidungsmerkmale der wichtigeren in Deutschland wachsenden Hölzer. 3. Aufl., München 1893. — Autor, Artikel Holz in Luegers Lexikon der gesammten Technik, Band V, S. 211 und Artikel Nutzhölzer, ebenda, Band VI, S. 566.

können. Der Querschnitt erscheint fast durchwegs als eine Kreisfläche; das Centrum derselben ist durch ein besonderes Gewebe (Mark) gekennzeichnet. Auf der Kreisfläche sehen wir kreisrunde concentrische Ringe, von welchen die centralen, d. h. die dem Centrum näher gelegenen am weitesten von einander abstehen, während

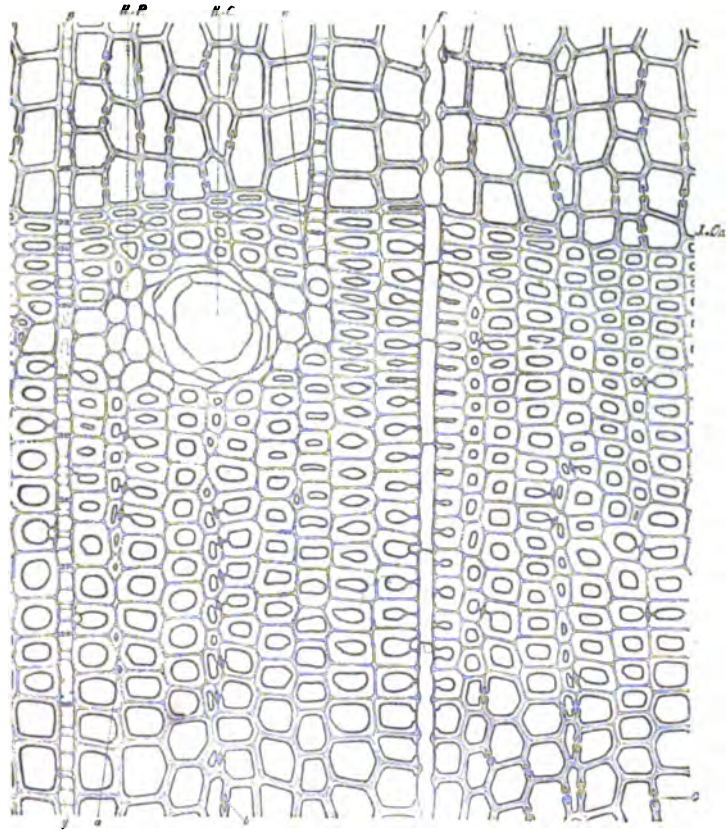


Fig. 103. Querschnitt durch Kiefernholz (Kny). f Markstrahl, g Quertracheiden des Markstrahles, HP Holzparenchym um HC, einen Harzcanal, b c gehöfte Tüpfel, JGr Jahresringgrenze.

die peripherischen dagegen enge an einander gedrängt sind. Diese Ringe werden bekanntlich als Jahresringe bezeichnet. Ausser diesen Ringen und zerstreut liegenden dunklen Fleckchen (Harzporen bei Picea und Pinus, nicht bei Abies, Taxus, Cupressus, Juniperus, Thuja) ist am Nadelholzquerschnitt mit freiem Auge nichts zu bemerken. Mehr nehmen wir dagegen am Querschnitte eines Laubholzes, z. B. eines Eichenstammes wahr. Theils vom Mittelpunkte

desselben, theils von anderen Punkten der Kreisfläche bis zum Umfange ziehen (wie die Halbmesser des Kreises) helle Streifen, die eine sehr verschiedene Breite besitzen; besonders deutlich treten sie bei Besichtigung mit der Lupe hervor; sie werden Mark- oder Spiegelstrahlen genannt und sind auch dem Nadelholz eigen, an dem sie aber erst bei stärkerer Vergrösserung sichtbar werden (Fig. 103, f). Nächst diesen Strahlen und den sehr scharf abgesetzten Jahresringen finden wir am Eichenholz noch kleine, meist radiär, aber nicht regelmässig verlaufende und nicht zusammenhängende, schwänzchenartige Streifen (Holzparenchym).

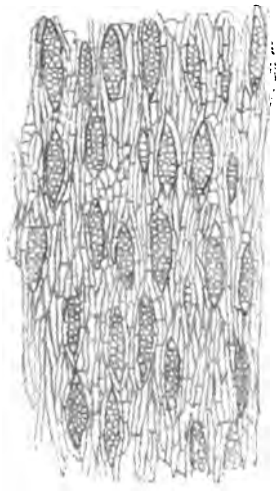


Fig. 104. Tangentialschnitt des Mahagoniholzes (Becker, Rees).

Am Radialschnitte finden wir parallel zur Längsaxe des Stammes verlaufende gerade Streifen, die ihren Zusammenhang mit den oben als Jahresringe bezeichneten Bildungen leicht erweisen lassen. Senkrecht zu diesen, dieselben also kreuzend, ziehen verschieden breite und auch verschieden lange Bänder (Fig. 102, b, c), welche wir am Querschnitt als Markstrahlen bezeichnet haben; viele derselben, die sog. primären Markstrahlen, verbinden das Mark mit der Rinde, daher der Name. Da sie auf der Radialfläche glatt und glänzend erscheinen, so werden sie auch Spiegelstrahlen genannt.

Der Tangentialschnitt endlich zeigt die Markstrahlen dem freien Auge in der Regel gar nicht; nur bei stärkerer Vergrösserung erscheinen sie (in ihrem Querschnitte) als kurze Strichelchen oder Linsen in wenig regelmässiger Vertheilung (Fig. 104), gewissermassen in dem übrigen Gewebe eingekeilt. An dem Tangentialschnitt tritt aber noch eine höchst charakteristische Zeichnung hervor, die wir an einem grösseren Stück, z. B. an einem Brette gut beobachten können. Es sind elliptische und hyperbolische Figuren, die in der Regel so gelagert sind, dass die Mitte schmale Ellipsen, die seitlichen Partien offene Streifen zeigen. Zur Erklärung dieser Zeichnung halte man sich wieder die Kegelform des Baumstammes vor Augen. Die Nadelhölzer und die Laubhölzer (unserer Zone) erhalten alljährlich in der Vegetationszeit (Frühjahr bis Herbst) einen Zuwachs von bestimmter Dicke, während in der Winterszeit (Vege-

tationsruhe) ein solcher Zuwachs nicht stattfindet. Man denke sich demnach den Stammkegel aus so vielen Hohlkegeln zusammengesetzt, als Zuwachszonen vorhanden sind, und diese, in einander geschoben, machen einen compacten Körper, eben den gesammten Holzstamm aus. Die Bestandtheile des im Herbste gebildeten Theiles der Hohlkegel unterscheiden sich anatomisch und physikalisch (durch Dichtigkeit, Festigkeit, Farbe) von denen des im Frühjahr entstandenen und sind daher schon mit freiem Auge meist gut zu beobachten. Es wird sonach begreiflich sein, warum diese Hohlkegel im Querschnitte als Ringe — Jahresringe — im Radialschnitte als parallele mit der Axe nahezu gleichlaufende Streifen (die „Mantelränder der aufgeschnittenen Hohlkegel") sichtbar sein müssen. Der Tangentialschnitt müsste nun diese Zuwachszonen in Gestalt von halben Hyperbeln (Hyperbeltheile einer Seite) zeigen, wenn der Stamm mit seinen Zuwachskegeln) in Wirklichkeit ein geometrischer Kegel wäre. Aber durch die Entwicklung von Aesten, durch ungleiches Wachsthum u. s. w. wird diese Regelmässigkeit fast immer gestört, und die Zuwachszonen bilden dann im Tangentialschnitt gewöhnlich unregelmässig verlaufende Ellipsen, Wellenlinien, also jene bekannten Figuren, die als Flader[1]) bezeichnet werden und die der gewerbliche Maler an Thürfüllungen, Holzwänden und Holzimitationen mit mehr oder weniger Geschick nachzuahmen pflegt.

Der erste Jahreskegel (Jahresring), der unmittelbar an das Mark grenzt, wird als Markkrone, Markscheide, primäres Holz (Protoxylem, Protohadrom) bezeichnet und von den folgenden Holzzonen, dem secundären Holz, unterschieden. Dieses liegt also vor dem primären (ältesten) Holz, was gegenüber dem Baue des Wurzelholzes besonders hervorgehoben werden muss. Bei dem letzteren schiebt sich das secundäre Holz zwischen den primären Holzplatten ein. Die Markstrahlen sind, wie schon oben bemerkt, entweder mit freiem Auge sichtbar (deutliche Markstrahlen), oder erst unter der Lupe (kenntliche Markstrahlen) oder, wie an dem Holze der Coniferen, erst unter dem Mikroskope zu sehen (unkenntliche Markstrahlen). Manchmal sind unkenntliche Markstrahlen einander so genähert, dass

[1]) Die hier als Flader benannte Zeichnung (eine Folge des regelmässigen Wachsthums) des Holzes wird auch häufig mit dem Worte Maser belegt. Es erscheint aber aus verschiedenen, vor allem aus didaktischen Gründen empfehlenswerth, die Bezeichnung Maser (Wimmerung) auf jene Bildungen zu beschränken, die Folgen unregelmässigen Wachsthums oder überhaupt pathologischen Ursprunges sind.

sie dem freien Auge als ein deutlicher Markstrahl erscheinen (scheinbar deutliche Markstrahlen, z. B. an der Weissbuche); da ein solcher scheinbar deutlicher Markstrahl in seinem Verlaufe seine Breite auffällig verändert, schmäler wird und schliesslich (für das

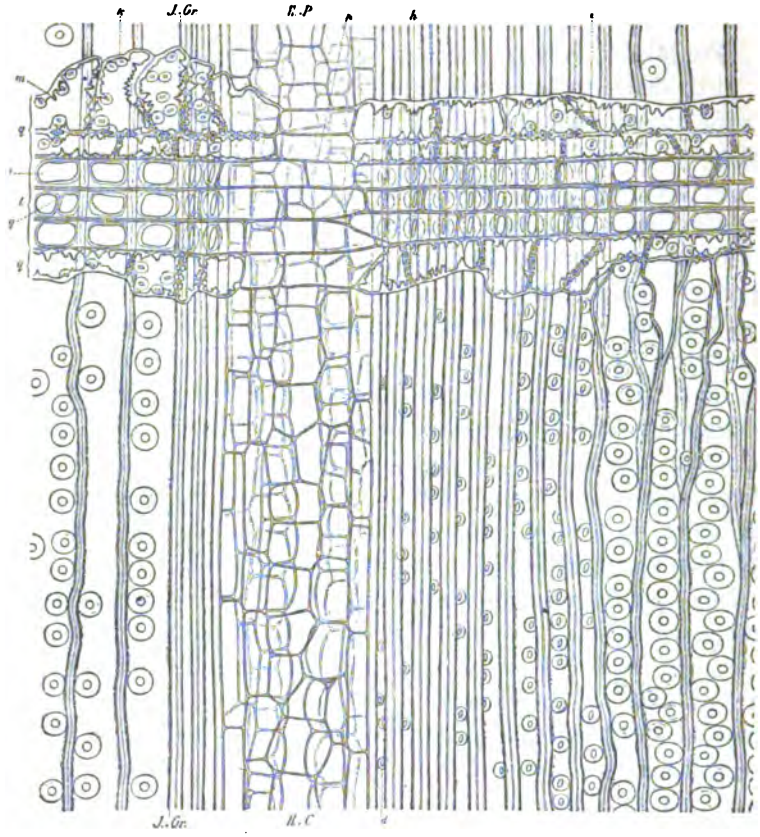


Fig. 105. Radialer Längsschnitt durch das Kiefernholz (Kny). l parenchymatische Zellen, q Quertracheiden des Markstrahles, HC Harzcanal, von HP Holzparenchym umgeben. Die gehöften Tüpfel an den Tracheiden in der Flächenansicht. JGr Jahresringgrenze.

freie Auge) verschwindet, so ist er unschwer von dem deutlichen zu unterscheiden.

Wir wollen nun die anatomischen Elemente des Coniferenholzes kennen lernen. Die Hauptmasse dieses Holzes besteht aus grossen prismatisch contourirten Faserzellen, die als gefässartige Holzzellen oder Tracheiden bezeichnet werden. Im Querschnitte sind die Tracheiden vier- bis sechsseitig, die des Frühjahrholzes mit weit grösserem Lumen und dünneren Wänden versehen, als die des Herbst-

holzes (Fig. 103). Denn im Frühjahr, zur Zeit der lebhaftesten Zellenthätigkeit und bei dem grossen Wassergehalt der Gewebe werden weitlichtige, zur Leitung des Wassers besonders befähigte Holzzellen gebaut. Das Sommer-, Herbst- oder, wie es vielleicht richtiger heissen soll, das Spätholz[1]) mit seinen dickwandigen, weit mehr Substanz besitzenden Zellen ist fester, härter, dunkelgefärbt und es wird daher die Abgrenzung des Jahresringes (da auf die dickwandigen Spätholzzellen gänzlich unvermittelt die weitlichtigen Frühholzzellen des nächsten Jahres folgen) eine sehr scharfe sein müssen (Fig. 103, JGr.).

Bezüglich der Präparation des Coniferenholzes zum Zwecke der mikroskopischen Beobachtung ist nur wenig zu bemerken. Man fertigt Quer- und Längsschnitte — letztere genau im Radius oder in der Tangente — an und beobachtet dieselben nach Behandlung mit verdünnter Kalilauge (und nach Auswaschen im Wasser) in Glycerin. Zur Entfernung des Harzes legt man die Schnitte zuvor in starken Weingeist. Bei starker Vergrösserung sind z. B. am Querschnitte die einzelnen Abtheilungen der Zellmembran, die Aussenhaut, die secundären Verdickungsschichten und die das Lumen auskleidende Innenhaut, die sog. tertiäre Membran deutlich zu sehen.

Die Tracheiden[2]) zeigen ihre charakteristischen Eigenschaften hauptsächlich in der Radialansicht (Fig. 105). Auf der Radialfläche derselben sehen wir zumeist in einer Reihe (Fichte, Kiefer), seltener in zwei Reihen (Lärche) angeordnete, auffallend grosse Kreiszeichnungen, deren jede im Innern einen kleineren concentrischen Kreis zeigt. Bei günstiger Einstellung wird aber der Beobachter bald herausfinden, dass diese (scheinbaren) Doppelkreise sehr flache, einseitige Linsen (Kugelcalotten) vorstellen und am Tangentialschnitt

[1]) A. Burgerstein (Vergleichend-anatomische Untersuchungen des Fichten- und Lärchenholzes. Denkschriften der Akademie der Wissenschaften Wien, math.-naturwissensch. Cl., Band LX; Sitzung vom 12. Mai 1893, S. 6 und idem, Der „Stock im Eisen" der Stadt Wien. Jahresbericht Wien 1893, S. 11) schlägt für die bisher gebräuchlichen Bezeichnungen Frühlings-, Sommer- oder Herbstholz die sehr passenden Ausdrücke Frühholz und Spätholz vor. Strasburger nennt Frühholz das im Frühling producirte Holz, Spätholz das im Herbst erzeugte und unterscheidet noch das Sommerholz, das er als Folgeholz bezeichnet.

[2]) De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig 1877, S. 162. — E. Schulze, Ueber die Grössenverhältnisse der Holzzellen bei Laub- und Nadelhölzern. Inaug.-Diss. Halle, 1882. — Wille, Zur Diagnostik des Coniferenholzes, Sitzungsber. der Naturforsch.-Gesellsch. Halle 1887. — Russow, Zur Kenntniss des Holzes, insbesondere des Coniferenholzes, Bot. Centralbl. XIII, 1883, Nr. 1—5.

wird er wahrnehmen können, dass mit der Linse auf einer Seite der Zellwand eine solche von derselben Grösse und in derselben Lage auf der anderen Seite der Zellwand correspondirt. Diese Gebilde werden gehöfte oder behöfte Tüpfel, Hoftüpfel genannt. Um ihren Bau zu verstehen, müssen wir die Ausbildung der Tracheidenmembran verfolgen. Die Festigkeit derselben wird durch die Verdickung und durch die Einlagerung des Lignins bewerkstelligt. Wie wir später eingehend erörtern werden, entstehen die Tracheiden aus den jungen bildungsfähigen Zellen des Verdickungsringes, des Gefässbündelcambiums (Fig. 106). Die primäre Membran ist je zwei benachbarten Zellen gemeinsam. An diese legen sich die Verdickungsschichten an, wobei die primäre Wand in die sog. Mittel- oder Aussenlamelle umgewandelt wird. Die Verdickungsschichten sind also die secundären Membranen, welche die Wand verstärken und das ursprüngliche Lumen verengern. Da aber eine allseitige Anlagerung dieser Schichten die Fortbewegung, i. e. die Translocation der im Zellinnern vorhandenen Stoffe (von einer Zelle zur anderen) unmöglich machen müsste, so wird die Continuität dieser Anlagerungen an zahlreichen Stellen unterbrochen, so dass daselbst nur die Aussenlamelle die Scheidung der Zellräume von einander bewirkt. Diese Stellen, an welchen also keine Anlagerung stattfindet, werden als Tüpfel, Poren etc. bezeichnet, wenn sie räumlich sehr beschränkt sind. Wir werden später sehen, dass umgekehrt auch die Anlagerungen nur auf verhältnissmässig kleine Räume reducirt werden können, wie dies bei den ringförmig- und spiraligverdickten Gefässen der Fall ist. Damit nun ein Hoftüpfel entstehen kann, muss bei der Anlagerung der secundären Schichten ein linsenförmiger Raum, der Tüpfelhof, frei bleiben (Fig. 107 und Fig. 108, A und B), der mit dem Lumen der Zelle durch einen schmalen Canal in Verbindung steht; dieser Canal er-

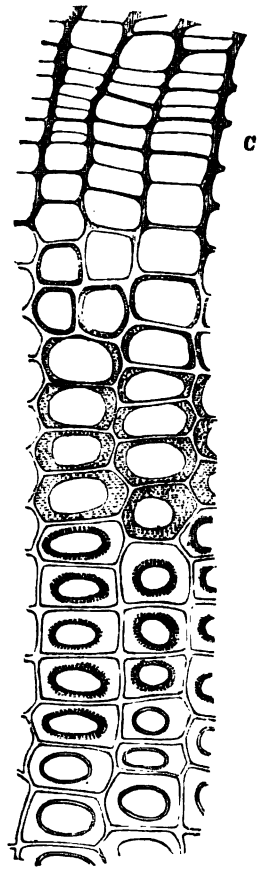


Fig. 106. Entstehung der Holzelemente von Pinus aus den Cambiumzellen C und allmählige Ausbildung der Mittellamelle und der Verdickungsschichten in jenen. (Aus Reess, Bot. nach Sanio, v. Tieghem.)

scheint in der Flächenansicht des Tüpfels als dessen kleinerer Kreis, die äussere Umgrenzung des Tüpfelhofes bildet den grossen (Hof-) Kreis (Fig. 108, B, links). Wir können also mit De Bary[1]) sagen: „Tüpfel nennt man eine Lücke in der nach innen vorspringenden Wandverdickung, welche Lücke aussen durch ein nicht oder nur schwach verdicktes Membranstück verschlossen ist.“ Diese Lücke bildet einen Canal, der entweder überall gleich weit bezw. nach aussen etwas verengt ist und dann das einfache Tüpfel darstellt, oder der gegen die Schliessmembran sich plötzlich erweitert, so dass ein Hohlraum, der Tüpfelraum oder Tüpfelhof entsteht, welchen man in der Flächenansicht als den kreisrunden Hof beobachtet. Dem

Fig. 107. Schema eines behöften Tüpfels im Querschnitt (Kerner). Die Tüpfelschliesshaut mit Torus, frei durch den Hof gespannt.

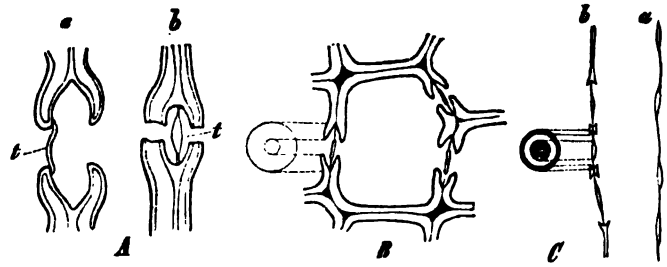


Fig. 108. Bau und Entwicklung der Hoftüpfel von Pinus silvestris. (Aus Rees nach Russow und Strasburger, Tschirch.) A Tangential durchschnittene Hoftüpfel, a aus lufttrockenem Sommerholz, b aus Herbstholz, t Torus. Vergr. 750. — B Querschnitt durch eine Tracheide, an der radialen Wand der Hoftüpfel. Vergr. 400. — C Entwicklung der Hoftüpfel, Tangentialschnittansichten, a Stadium der Primordialtüpfel, b etwas älteres Stadium im Beginn der Hofbildung und der Verdickung des Torus. Vergr. 400.

Tüpfel einer Zelle entspricht ein solches der benachbarten, so dass die Schliessmembran zu einer Scheidewand der beiden Tüpfelräume wird; sie bleibt, wie Sanio und Russow nachgewiesen, erhalten und befindet sich im frischen Splintholz in der Mitte des Tüpfelhofes, im alten Kernholz meist einer Seite des Porencanales angepresst (Fig. 108, A, a, t). Als Eigenthümlichkeit der Schliesshaut ist noch eine in ihrer Mitte befindliche, meist linsenförmige Verdickung, der Torus (Fig. 108, A, b, t) zu bezeichnen, welcher die Tüpfel wie ein Ventil verschliessen kann, wie dies beim Kernholz der Fall ist[2]). Im Frühholz ist der Torus sehr dünn, im Herbstholz dagegen linsenförmig[3]). Die Entwicklung des Hoftüpfels ist aus Fig. 108, C zu

[1]) De Bary, l. c. S. 165.

[2]) K. Pappenheim, Zur Frage der Verschlussfähigkeit der Hoftüpfel im Splintholz der Coniferen. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1889, VII, S. 2.

[3]) Russow, Bot. Centralbl. 1883, XIII, S. 29.

ersehen. Der Zweck der Tüpfel ist schon oben angegeben worden. Durch dieselben soll der osmotische Stofftransport von Zelle zu Zelle erleichtert werden, ohne dass die Festigkeit der Membranen irgendwie eine Einbusse erleide [1]).

Die grossen, meist einreihigen, gehöften Tüpfel bieten uns ein vortreffliches Mittel, selbst in kleinsten Splittern Coniferenholz zu erkennen.

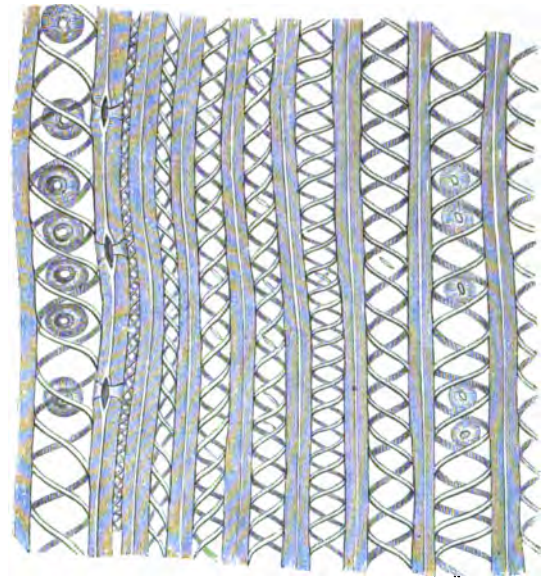


Fig. 109. Radialschnitt durch das Holz von Taxus baccata, Tüpfel und Spiralbänder zeigend (G. A. Weiss).

Wir haben schon in dem Abschnitte über die Untersuchung des Papieres auf diese Eigenschaften der Zellen des Coniferenholzes (S. 109) hingewiesen. Es wurde auch dort schon bemerkt, dass die Tracheiden an jenen Stellen, an welchen sie mit den Markstrahlzellen in Berührung stehen, solche grosse Hoftüpfel nicht besitzen, sondern dass daselbst die Communication der Markstrahlzell- und der Tracheiden-Lumina durch zahlreiche kleine (einfache oder gehöfte) Tüpfel hergestellt wird. Immerhin aber ist es doch möglich, dass man unter den Markstrahlen eine tiefere Tracheidenlage mit Hoftüpfeln durchschimmern sieht. Aber nicht nur die Radialwände der Tracheiden sind durch gehöfte Tüpfel ausgezeichnet. Das Zirbel-

[1]) Vergl. Zimmermann, Die Morphologie und Physiologie der Pflanzenzellen. Breslau 1887, S. 141 ff.

holz z. B. zeigt auch auf den Tangentialwänden der Holzzellen zahlreiche, allerdings viel kleinere gehöfte Tüpfel. (Siehe unten bei Zirbelholz, S. 170.)

Die Tracheiden des Spätholzes mancher Coniferen, z. B. der Fichte und Lärche, zeigen eine schiefe Streifung, ein System von hellen und dunklen, parallel verlaufenden Streifen. Nach Burgerstein[1]) kommt diese Streifung im Stammholz der Fichte und Lärche zumeist nur in den ersten Jahresringen vor. „Die Streifen erscheinen bald horizontal, bald schräg parallel, in anderen Fällen diagonal gekreuzt oder schraubenlinig. Nicht selten kann man bemerken, dass die Streifung in den innersten Jahresringen markant hervortritt, in den späteren Jahreszuwächsen schwächer wird und sich allmählich verliert."

Am Eibenholz (Taxus baccata L.) finden wir ausser den Hoftüpfeln noch eine weitere Verdickung in Form von Spiralbändern (Fig. 109). Für die Diagnostik ist dieses Vorkommen selbstverständlich von grosser Bedeutung.

In den Tracheiden verschiedener Coniferen wurden balkenartige, in das Lumen hineinragende oder das Lumen überbrückende Zellwandwucherungen gefunden, die von C. Müller nach ihrem Entdecker als Sanio'sche Balken bezeichnet worden sind. C. Müller[2]) hat diese Balken (vergl. Fig. 115, b auf Seite 171) an zahlreichen Coniferenhölzern nachgewiesen und behauptet, dass die Bildung der Sanio'schen Balken ein allen Coniferen zukommendes histologisches Merkmal, also keine Anomalie oder pathologische Erscheinung ist; auch sind diese Balken in allen Axenorganen (in Stämmen, Zweigen und Wurzeln), in jeder Höhe und in jeder Region (in den jüngsten und ältesten Jahresringen) vorhanden.

Wir haben gesehen, dass der Unterschied zwischen Früh- und Spätholz in der räumlichen Entwicklung der Tracheiden, in der verschiedenen Lumengrösse und Wanddicke gelegen ist. Es dürfte auch für den technischen Mikroskopiker von Interesse sein, zu erfahren, welche Anschauungen sich in der wissenschaftlichen Forschung über die Ursache dieser verschiedenen Entwicklung und ihrer Periodicität gebildet haben. Man hat die Bildung von Früh- und Spätholz auf

---

[1]) Vergleichend-anatomische Untersuchungen des Fichten- und Lärchenholzes, S. 17.

[2]) Ueber die Balken in den Holzelementen der Coniferen. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1890, VIII, Generalversammlungsheft S. 17 ff. Daselbst auch die Literaturangaben, sowie Morphologie und mechanische Bedeutung der Balken.

ein besonderes Bedürfniss nach Wasserbahnen im Frühjahr und nach mechanischer Festigung im Herbst zurückgeführt; von anderen Forschern wurde sie als eine Folge der Knospenentfaltung im Frühjahre und des Knospenschlusses im Herbste, oder als eine Folge guter und schlechter Ernährung oder als eine erbliche Eigenthümlichkeit angesehen. Endlich wird auch angenommen, dass in erster Linie der verschiedene Wassergehalt der Rinde und der Jungholzregion die Ursache der Früh- und Spätholzbildung sei [1]).

Das zweite Gewebeelement des Coniferenholzes sind die den Markstrahl zusammensetzenden Zellen [2]). Wie wir aus dem allgemeinen Ueberblick über den Holzbau erfahren haben, treten die Markstrahlen in Bezug auf die Menge ihrer Zellen sehr erheblich zurück und sind am Querschnitt mit freiem Auge gar nicht, am Radialschnitt als glänzende Streifchen zu sehen. Jene Markstrahlen, welche vom Marke an bis zur Peripherie ziehen, werden primäre genannt; diejenigen, die von irgend einem Jahresringe ihren Ursprung nehmen, heissen die secundären [3]). An jedem

[1]) K. G. Lutz, Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1895, XIII, S. 185.

[2]) Vergl. auch A. Kleeberg, Die Markstrahlen der Coniferen, Bot. Ztg. 43. Jahrg. 1885, Nr. 43. — Essner, Ueber den diagnostischen Werth der Anzahl und Höhe der Markstrahlen der Coniferen, Halle 1882.

[3]) Von besonderem Interesse ist die Art und Weise, mit welcher die primären und die secundären Markstrahlen im Marke, bezw. im Tracheidengewebe beginnen. Nach den Untersuchungen von Kny (Botanische Wandtafeln mit erläuterndem Text, 6. Liefg. 1884, Text S. 221) und Erich Schmidt (Ein Beitrag zur Kenntniss der secundären Markstrahlen, Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1889, VII, S. 143 ff.) hebt der Markstrahl bei Pinus silvestris mit zwei Reihen leitender Zellen an, die sehr einfach, ähnlich wie die Parenchymzellen des Marks, von denen sie ausgehen, gebaut sind, aber nur eine bedeutende Streckung in horizontaler Richtung erfahren haben. Die Verbindung zwischen Mark und Markstrahl wird häufig durch eine einzige Markstrahlzelle bewerkstelligt; „in anderen Fällen schieben sich drei oder mehr Parenchymzellen vom Mark aus zwischen den Holzkörper, dadurch einen mehretagigen Markstrahlanfang bildend" (E. Schmidt). — Der secundäre Markstrahl beginnt an der Grenze zwischen den letzten Frühjahrsholztracheiden und den folgenden Herbstholztracheiden und zwar so, dass die erste Markstrahlzelle zwischen zwei in einer Richtung liegenden Längstracheiden sich einschiebt und die untere mit einer horizontalen Querwand abgrenzt; auch die hinter der Markstrahlzelle befindliche Längstracheide ist durch eine Querwand abgegliedert, die in der Höhe der oberen Längswand der Markstrahlzelle liegt. Die Abstumpfung der Tracheidenenden scheint somit im Zusammenhang mit dem Einsatze secundärer Markstrahlen zu stehen.

Markstrahl unterscheidet man Höhe und Breite, welche von der Anzahl der Zellen bedingt werden. Im Stammquerschnitt sieht man die Markstrahlen in ihrer Längsrichtung von oben (in ihrer Aufsicht); im Radialschnitt ebenfalls in ihrer Längsrichtung von der Seite; dagegen gibt uns der Tangentialschnitt erst die richtige Vorstellung von der räumlichen Entwicklung derselben, denn in diesem Schnitt sehen wir Höhe und Breite (Dicke), also den Querschnitt der Markstrahlen. So bieten uns die Markstrahlen ganz besonders Gelegenheit, die Bedeutung der drei Dimensionalschnitte zu ermessen.

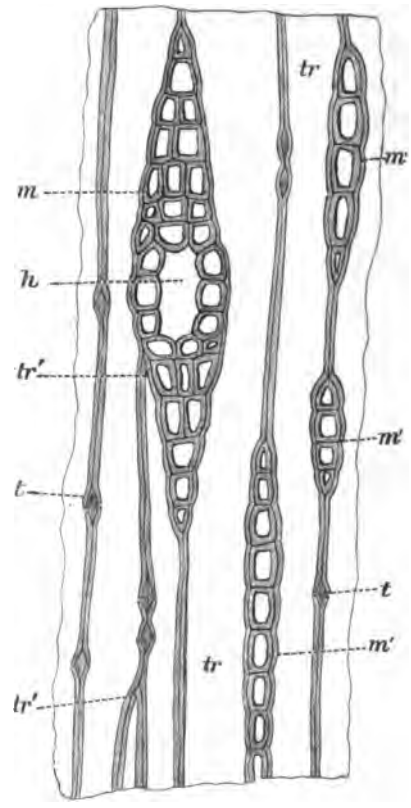


Fig. 110. Tangentialschnitt aus dem Holze der Fichte. m mehrreihiger Markstrahl mit einem Harzgang h. — m' einreihige Markstrahlen von verschiedener Höhe. — tr Tracheiden, t quergeschnittene gehöfte Tüpfel; bei tr' Beginn einer Tracheide.

Bei den meisten Coniferenhölzern sind die Markstrahlen einreihig, d. h. sie sind aus einer Reihe übereinanderstehender Zellen zusammengesetzt, die zwischen den Tracheiden eingeschaltet sind (Fig. 110, m'). In mehreren Holzarten führen die Markstrahlen mit Harz erfüllte Zwischenzellräume, sog. Harzgänge (Fig. 110, h) und in diesem Falle finden wir mehrere Zellreihen im Markstrahl. Während nun die Tracheiden im Allgemeinen bei den verschiedenen Coniferen den gleichen Bau zeigen und daher mit wenigen Ausnahmen zu einer Differentialdiagnose nicht geeignet erscheinen — es kann z. B. Fichtenholz vom Tannenholz nicht unterschieden werden, wenn man nur die Tracheiden berücksichtigt, weil dieselben den gleichen Bau besitzen — so sind dagegen die Markstrahlzellen für den technischen Mikroskopiker von grossem Werthe, da sie ihn durch ihre charakteristischen und specifischen Merkmale in den Stand setzen, die drei technisch wichtigsten Coniferenhölzer, Fichte, Tanne und Kiefer sofort zu bestimmen.

Die Markstrahlen des Tannenholzes sind einreihig und

bestehen aus einerlei Zellen; diese sind lang gestreckt, mit schiefen oder senkrechten Querwänden und ziemlich reichlich mit einfachen Tüpfeln versehen; an den quergeschnittenen Längswandtheilen beobachtet man oft längere porenfreie Verdickungslamellen; die Querwände dagegen sind gewöhnlich so reich getüpfelt, dass die Verdickungsschichten wie schmale Querbalken aussehen (Fig. 111). Die Tüpfel sind, von der Fläche gesehen, kreisrund und zeigen häufig einen den Mittelpunkt durchziehenden, über die Peripherie des Tüpfels

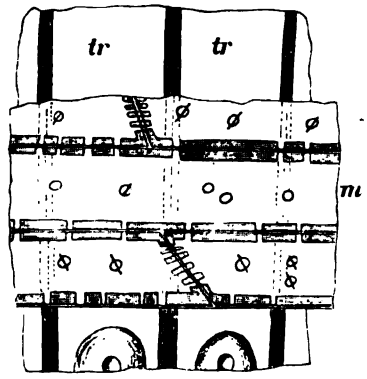


Fig. 111. Partie eines Markstrahls des Tannenholzes (radial). m Markstrahlzellen tr Tracheiden.

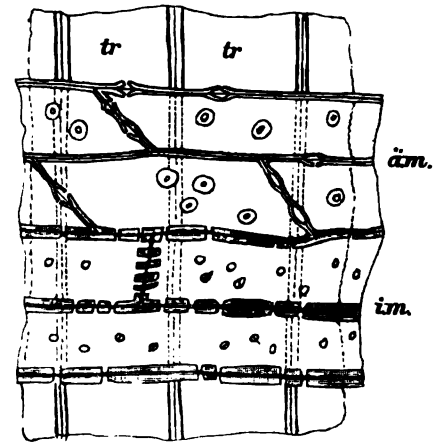


Fig. 112. Partie eines Markstrahles des Fichtenholzes. ä.m äussere, i.m innere (leitende) Markstrahlzellen, tr Längstracheiden. — ä.m sind Quertracheiden.

hinausragenden Streifen. Die Erklärung dieses Vorkommens erfolgt später.

Die Markstrahlen des Fichtenholzes sind zum grösseren Theile einreihig; nur wenn ein Harzgang im Markstrahl vorhanden ist, ist dieser mehrreihig. Die Markstrahlzellen sind zweierlei Art. Die äusseren, also diejenigen, welche den Markstrahl oben und unten begrenzen, sind mit schiefen Querwänden abgeschlossen und besitzen gehöfte Tüpfel; sie werden als Quertracheiden bezeichnet (Fig. 112, ä.m). Die inneren Markstrahlzellen sind viel stärker verdickt und führen einfache Tüpfel; da diese Markstrahlzellen hauptsächlich zur Leitung und Speicherung der Nährstoffe dienen, werden sie auch leitende Markstrahlzellen oder Leitzellen[1]) genannt. An den schiefen Querwänden der Quertracheiden sieht man in der Regel

[1]) Burgerstein, l. c. S. 20.

die durchschnittenen gehöften Tüpfel sehr deutlich; liegt der Schnitt im Durchmesser der Tüpfel, so kann man den Tüpfelcanal beobachten; ist dies nicht der Fall, so erscheinen die Tüpfel als kleine Zweiecke oder Ellipsen.

Auch die Markstrahlen der Gattung Pinus[1]) sind aus zweierlei Zellen zusammengesetzt. Die typische Form derselben ist besonders im Holze der gemeinen Kiefer (Föhre, Weissföhre, Pinus silvestris) und der Schwarzföhre (Pinus nigra) ausgeprägt. Die äusseren Markstrahlzellen sind Quertracheiden, deren secundäre Verdickungen gänzlich unregelmässig entwickelt sind, so dass die Innencontouren der Zellwände zackenförmig aussehen (Fig. 113, ä.m und Fig. 105); gehöfte Tüpfel sind ziemlich reichlich vorhanden. Bei der gemeinen Föhre sind gewöhnlich je zwei, seltener je drei Reihen solcher Zackenzellen am oberen und unteren Ende vorhanden. Die inneren Zellen (Leitzellen) besitzen grosse rundliche oder abgerundet quadratische Lochtüpfel, die dem Anfänger als isodiametrische Parenchymzellen erscheinen können. Er wird aber bei sorgfältiger Betrachtung bald die eigentlichen Querwände der langgestreckten Markstrahlzellen auffinden. Die Markstrahlzellen der Schwarzföhre haben denselben Bau. Ich finde als Unterschied, dass die Zackenzellen meist in 4—6 Reihen auftreten und dass innerhalb des Markstrahles zwischen den Lochtüpfelzellen sehr häufig noch eine Reihe von Zackenzellen sich einschaltet.

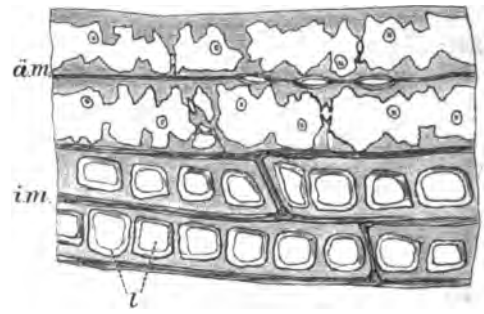


Fig. 113. Partie eines Markstrahles des Kiefernholzes. ä.m äussere; i.m innere (leitende) Markstrahlzellen; l Lochtüpfel.

Aber nicht alle Pinus-Arten zeigen diese hier beschriebene Ausbildung der Markstrahlzellen. Bei Pinus strobus L. (Weymouthkiefer) und bei Pinus cembra L. (Zirbelkiefer) fehlen den äusseren Markstrahlzellen die zackenförmigen Verdickungen oder sind nur vereinzelt vorhanden. Am Zirbelholz sind dieselben — wie die der Fichte — mit kleinen gehöften Tüpfeln versehen, und nur eine verhältnissmässig schmale Verdickungsleiste ist an die Längswand der

[1]) Kny, Anatomie des Holzes von Pinus silvestris. Berlin 1884.

Markstrahlzelle angelagert, die hie und da einen vorspringenden Zahn aufweist. Die Leitzellen besitzen die typischen einreihigen Lochtüpfel. Aber eine andere sehr bemerkenswerthe Erscheinung lässt sich auf den Tangentialflächen der Zirbelholztracheiden auffinden. In der Nähe der Markstrahlen zeigen dieselben kleine gehöfte Tüpfel (Fig. 114, TP), die zerstreut und einzeln auftreten und schon an dem Radialschnitt bei sorgsamer Beobachtung wahrgenommen werden können. Diese Tangentialtüpfel sind auch am Fichten- und Lärchenholz von Kraus[1]) aufgefunden worden.

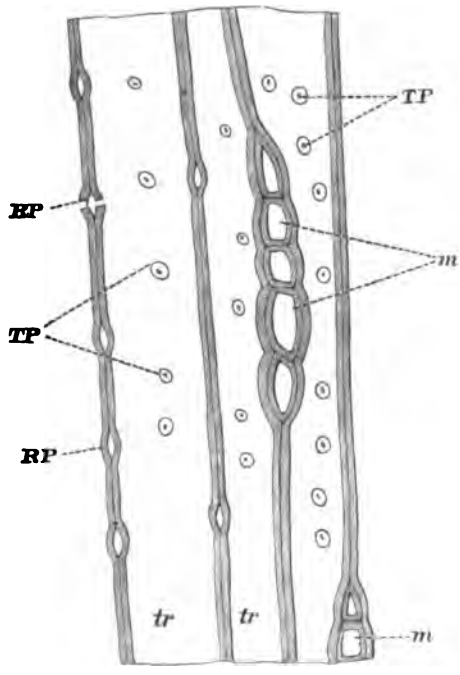


Fig. 114. Tangentialschnitt durch Zirbelholz (Pinus cembra). m Markstrahlen, tr Tracheiden, RP die auf der Radialseite der Tracheiden stehenden (hier im Querschnitt sichtbaren) grossen gehöften Tüpfel (Radialtüpfel), TP die auf der Tangentialseite der Tracheiden stehenden kleinen gehöften Tüpfel (Tangentialtüpfel).

Die Markstrahlzellen des Bleistiftholzes (unechtes Cedernholz, Juniperus virginiana) haben einen wenig deutlich ausgesprochenen Typus. Sie sind wohl zumeist mit Hoftüpfeln versehen, doch sind die Höfe so zart und schwach angedeutet, dass man sie nur bei genauer Beobachtung wahrnehmen kann. Die Querwände sind schief, breit getüpfelt, und zwar nicht selten so breit, dass nur in der Mitte der Querwand eine schmale Wandverdickung aufgelagert ist (Fig. 115, die mittleren Zellen des oberen Markstrahles); auch entspringen sie an einem eckigen Vorsprunge der Längswand. An dem Längsrande verschiedener Markstrahlen inseriren Tracheiden (tr′) mit abgerundeten Enden und unregelmässigem, häufig gekrümmtem Verlaufe. Dieses Vorkommen ist auch von der Kiefer bekannt (Fig. 105, am Markstrahl unten rechts). An diesen

[1]) Kraus, Gregor, Mikroskopische Untersuchungen über den Bau lebender und vorweltlicher Nadelhölzer. Würzburger naturwiss. Zeitschr., Band V, S. 156. Citirt nach A. Burgerstein.

Tracheiden kann man nicht selten jene Sanio'schen Balken sehen, die auf S. 165 erwähnt worden sind (Fig. 115, b).

Die Markstrahlzellen der Lärche sind wie die der Fichte entwickelt. Als praktisches Merkmal ist die auffallend starke Verharzung der leitenden Zellen anzugeben. Während nun, wie wir

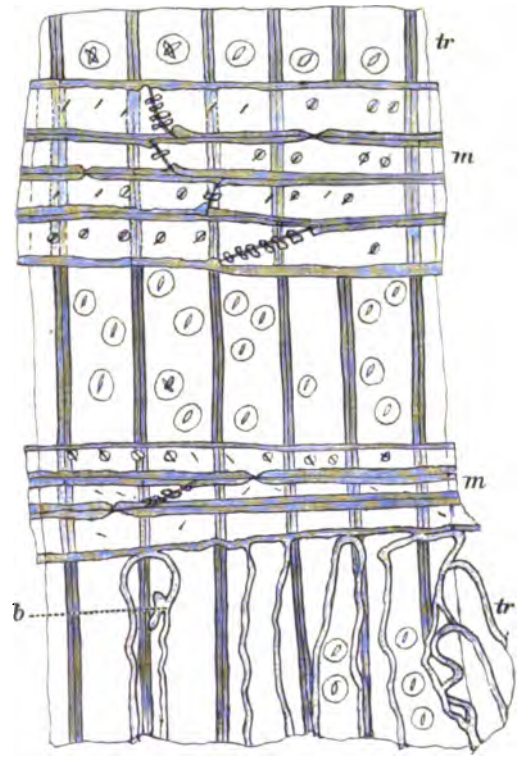


Fig. 115. Radialschnitt des Bleistiftholzes (Juniperus virginiana). m Markstrahl, tr Tracheiden; tr' am Rande des Markstrahles beginnende Tracheiden, bei b ein Sanio'scher Balken (s. S. 165).

gesehen haben, die Markstrahlen der Tanne, Kiefer und Fichte eine mikroskopische Unterscheidung der genannten Holzarten leicht ermöglichen, ist es ausserordentlich schwierig, Fichten- und Lärchenholz nach den mikroskopischen Charakteren auseinanderzuhalten. In grösseren Stücken gelingt die Unterscheidung freilich leicht (vergl. die analytische Zusammenstellung der Nutzhölzer am Schlusse dieses Abschnittes); aber sobald es sich um altes, äusserlich stark vermodertes Holz [1]) oder um kleine Splitter handelt, so bedarf es einer

[1]) Ein bekanntes Beispiel dieser Art bildet der „Stock im Eisen", ein merkwürdiges Wahrzeichen der Stadt Wien, dessen Holz von Professor Unger

sehr eingehenden Untersuchung. Von A. Burgerstein[1]) sind auf Grund solcher Untersuchungen jene Merkmale zusammengefasst worden, die die mikroskopische Unterscheidung des Fichtenholzes vom Lärchenholz ermöglichen. Im Folgenden sind diese Zusammenfassungen mit des Verfassers eigenen Worten mitgetheilt. Zugleich wird bemerkt, dass Burgerstein nebst dem Stammholz auch das Wurzel- und Astholz in das Bereich seiner Arbeit zog.

„Die histologischen Elemente des Lärchenholzes sind gegenüber jenen des Fichtenholzes in Wurzel, Stamm und Ast derber, kräftiger entwickelt. Die Holzzellen des Lärchenholzes sind länger, breiter, dickwandiger, die Tüpfel grösser und viel häufiger in zwei Reihen an den Radialwänden der Frühlingstracheiden ausgebildet, als bei der Fichte. Die Markstrahlen der Lärche sind in Bezug auf Zellenzahl umfangreicher, die Leitzellen sind höher, breiter (vielleicht auch länger) und in der Regel verharzt. Die hauptsächlichsten Unterschiede in Stamm, Ast und Wurzel sind folgende: ·

Bei der Fichte haben die Frühtracheiden in Stamm und Wurzel nahezu dasselbe Lumen, der häufigste Werth ist 30—40 μ. In den zuerst gebildeten Jahresringen des Stammes sind die Holzzellen (viel) schmäler, als in den späteren Jahreslagen, was bei der Wurzel nicht der Fall ist. In den Aesten ist der Durchmesser der Frühtracheiden bedeutend kleiner, er beträgt zumeist nur 15—20 μ.

Auch bei der Lärche haben die Frühtracheiden im Stamme und in der Wurzel nahezu dasselbe radiale Lumen. Die häufigsten Werthe sind hier 40—60 μ. Ebenso findet man (analog wie bei der Fichte) im Stamme, jedoch nicht in der Wurzel die schmalsten Frühjahrsholzzellen in den innersten Jahresringen. In den Aesten beträgt der Durchmesser der Frühtracheiden zumeist nur 20—30 μ.

Der Querdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes ist im Stamm- und Wurzelholz der Fichte (abgesehen von den ersten Jahresringen im Stamm) in der Regel grösser als 18 μ, während im Astholze dieser Werth niemals überschritten wird. Bei der Lärche geht der Querdurchmesser der Radialtüpfel im Astholz etwa bis 25 μ, im Stamm- und Wurzelholze bis 30 μ, er fällt im Stamm- und Astholz bis 15 μ, während er im Wurzelholze niemals unter 20 μ herabsinkt.

---

im Jahr 1856 untersucht, und der mit grosser Wahrscheinlichkeit als der Wurzelrest einer Lärche erkannt worden war. A. Burgerstein (Der Stock im Eisen, Wien 1893) hat nachgewiesen, dass er der Rest einer Fichte ist.

[1]) Vergleichend-anatomische Untersuchungen des Fichten- und Lärchenholzes, S. 39.

Zwillingstüpfel fehlen im Astholz der Fichte und Lärche. Im Wurzelholze kommen sie bei der Fichte in der Regel, bei der Lärche fast immer (in verschiedener Häufigkeit) vor. Während im Stammholze die doppelreihigen Tüpfel mit der Neubildung der Jahresringe an Häufigkeit zunehmen (in den ersten fünf Jahresringen fehlen sie immer), bemerkt man im Wurzelholze Zwillingstüpfel in der innersten Holzpartie constant und zugleich öfter eine Abnahme der Häufigkeit in den später gebildeten Jahreszuwächsen.

Die Höhe der (leitenden) Markstrahlzellen ist einerseits bei der Fichte, andererseits bei der Lärche, wenn man von den ersten Stamm-Jahresringen absieht, im Stamm- und Astholze im Wesentlichen gleich gross: bei der Fichte 17—20 μ, bei der Lärche 20—22 μ. Im Wurzelholze haben die Markstrahlzellen grössere Höhen, nämlich mit Ausschluss von Extremen bei der Fichte 20—25 μ, bei der Lärche 24—30 μ. Häufig sind (im Wurzelholze) die Leitzellen mit Stärke erfüllt.

Die mittlere Höhe (Zellenzahl) der Markstrahlen ist bei der Fichte und Lärche am grössten im Stamme, kleiner in der Wurzel, am kleinsten im Ast. Im Allgemeinen ist die Markstrahlhöhe bei der Fichte kleiner als bei der Lärche, die maximale Höhe beträgt bei beiden Coniferen im Ast 20, in der Wurzel 30, im Stamme mindestens 40 Zellen.

Einzelne partiell zweireihige Markstrahlen kommen überall vor.

Die Verharzung der Markstrahl-Leitzellen ist bei der Fichte Ausnahme, bei der Lärche Regel, diese jedoch nicht ohne Ausnahme.

Der Schröder'sche Markstrahlcoëfficient[1]) ist nur bei einer grossen Zahl von Bestimmungen (etwa je 100 für einen Markstrahl derselben Höhe) als diagnostisches Merkmal zwischen Fichten- und Lärchenstammholz verwendbar.

Unter den Pflanzentheilen, in denen bisher Mangan nachgewiesen wurde, befindet sich auch das Lärchenholz."

Eine Uebersicht der diagnostischen Merkmale enthält die folgende Bestimmungstabelle.

[1]) Unter Markstrahlcoëfficient versteht Schröder (Das Holz der Coniferen, Dresden 1872) das Verhältniss der Zahl der Leitzellen und Quertracheiden. „Hätte man bei einer grösseren Anzahl von Markstrahlen, deren jeder aus fünf übereinanderstehenden Zellenreihen besteht, die Zahl der Leitzellen und Quertracheiden bestimmt und dividirt das Mittel aus der Summe der ersteren J durch das Mittel aus der Summe der letzteren A, so gibt der Quotient C den Markstrahlcoëfficienten für den betreffenden Markstrahl von der Höhe S. Also C = J : A und S = J + A."

Analytische Bestimmungstabelle des Fichten- und Lärchenholzes (nach A. Burgerstein).

I. Zwillingstüpfel nicht vorhanden.

A. Frühtracheiden 20—40 μ. Mittlere Markstrahlhöhe 7 bis 11 Zellen.
   a) Markstrahlzellhöhe 17—20 μ; einreihige, mehr als 10 Zellen hohe Markstrahlen bilden ca. 20 Prozent aller Markstrahlen. Markstrahlen selten verharzt . . . Stammholz Fichte.
   b) Markstrahlzellhöhe 20—24 μ.
      α) Querdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes meist 21—26 μ; maximale Markstrahlhöhe 30 Zellen; Markstrahlen meist nicht verharzt . . . . . Wurzelholz Fichte.
      β) Querdurchmesser des äusseren Tüpfelhofes meist 14 bis 22 μ. (Markstrahlen meist verharzt.) Stammholz Lärche. (Innerste Jahresringe.)

B. Frühtracheiden 15—30 μ. Mittlere Markstrahlhöhe 4,5—7 Zellen; maximale Markstrahlhöhe 20 Zellen.
   a) Frühtracheiden 15—20 μ; Querdurchmesser der Tüpfel 14—17 μ; niemals über 18 μ. Spättracheiden gestreift. Astholz Fichte.
   b) Frühtracheiden 20—30 μ; Querdurchmesser der Tüpfel 16—24 μ. Spättracheiden gestreift oder nicht gestreift. Astholz Lärche.

II. Zwillingstüpfel vorhanden.

A. Frühtracheiden 30—40 μ. (Markstrahlen selten verharzt.)
   a) Markstrahlzellhöhe 17—20 μ. Querdurchmesser der Tüpfel auch unter 19 μ. Zwillingstüpfel meist einzeln zwischen einfachen Tüpfeln zerstreut, seltener in mehreren übereinanderliegenden Reihen. . . . . Stammholz Fichte.
   b) Markstrahlzellhöhe 20—26 μ. Die Markstrahl-Leitzellen oft Stärke führend. Querdurchmesser der Tüpfel nicht unter 19 μ. Doppeltüpfel einzeln oder in mehreren Reihen über einander oder die Frühtracheiden ganz bedeckend. Spättracheiden ausnahmsweise gestreift . . . . . Wurzelholz Fichte.

B. Frühtracheiden 40—60 μ. Markstrahlen sehr häufig verharzt.
   a) Markstrahlzellhöhe 20—23 μ. Mittlere Markstrahlhöhe 9—13 Zellen; maximale Höhe 40—50 Zellen. Die einreihigen mehr als 10 Zellen hohen Markstrahlen bilden ca. 38 Prozent aller Markstrahlen. Querdurchmesser der Tüpfel auch unter 20 μ. Stammholz Lärche.
   b) Markstrahlzellhöhe 24—30 μ. Mittlere Markstrahlhöhe 7 bis

9 Zellen; maximale Höhe 30 Zellen. Spättracheiden ausnahmsweise gestreift, Querdurchmesser der Tüpfel nicht unter 20 μ. Wurzelholz Lärche.

Anm. Unter dem Ausdruck „Frühtracheiden" ist der radiale Durchmesser des Lumens der Frühlingsholzzellen verstanden. Die Angaben betreffs der Tüpfel beziehen sich auf die an den Radialwänden der Frühtracheiden ausgebildeten Tüpfel. Die Markstrahlzellhöhe bezieht sich auf die leitenden (mit einfachen Tüpfeln versehenen) Zellen des Markstrahles. Die Markstrahlhöhe umfasst Leitzellen und Quertracheiden.

Als drittes Gewebeelement des Coniferenholzes ist das sog. Holzparenchym anzuführen. Während dieses bei manchen Laubhölzern eine sehr ausgedehnte Ausbildung erfährt, tritt es bei den Coniferen so sehr zurück, dass man häufig nur von einem ganz vereinzelten Vorkommen desselben sprechen kann. Nur wo Harzcanäle im Tracheidengewebe auftreten, finden wir längere Reihen von Parenchymzellen (Fig. 105, HP). Eibenholz (Taxus baccata) entbehrt desselben gänzlich.

Es mag hier zugleich eingeschaltet werden, dass das erstjährige Coniferenholz, die sog. Markkrone, schrauben- oder ringförmig verdickte Tracheiden besitzt, die auch in anderen Organen dieser Pflanzen, z. B. in den Schuppen der Zapfen vorkommen; früher hat man sie als Gefässe angesprochen. Für den technischen Mikroskopiker sind sie aber wohl nur von geringem Belang.

Hingegen müssen wir den schon mehrfach erwähnten Harzgängen, die als excretorische Organe in vielen technisch verwendeten Pflanzenobjecten eine wichtige Rolle spielen, eine kurze Darstellung widmen. In dieser sollen auch die Harzbehälter anderer Pflanzenorgane zur Besprechung gelangen, wobei aber von Secretzellen und Milchsaftgefässen abgesehen wird.

Die **Excret-** bezw. **Secreträume der Pflanzen** können auf zweifache Weise entstehen. Im Allgemeinen stellen sie Lücken, Intercellularräume [1]) vor, die ganz oder theilweise mit dem Ausscheidungs-

[1]) Frank, Beiträge zur Pflanzenphysiologie, Leipzig 1868, Tafel III, Fig. 11 u. 12. — N. J. C. Müller, Untersuchung über die Vertheiluhg der Harze, äth. Oele etc. und die Stellung der Secretbehälter im Pflanzenkörper. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. V, S. 387. — v. Höhnel, Anatomische Untersuchungen über einige Secretionsorgane der Pflanzen. Sitzungsber. der Wiener Akademie d. Wiss. 1881, S. 565. — Autor, Ueber die Harzgänge in

product erfüllt sind. Das Ausscheidungsproduct kann aus Harz, ätherischen Oelen, oder aus Gummi oder Gemischen dieser Stoffe be-

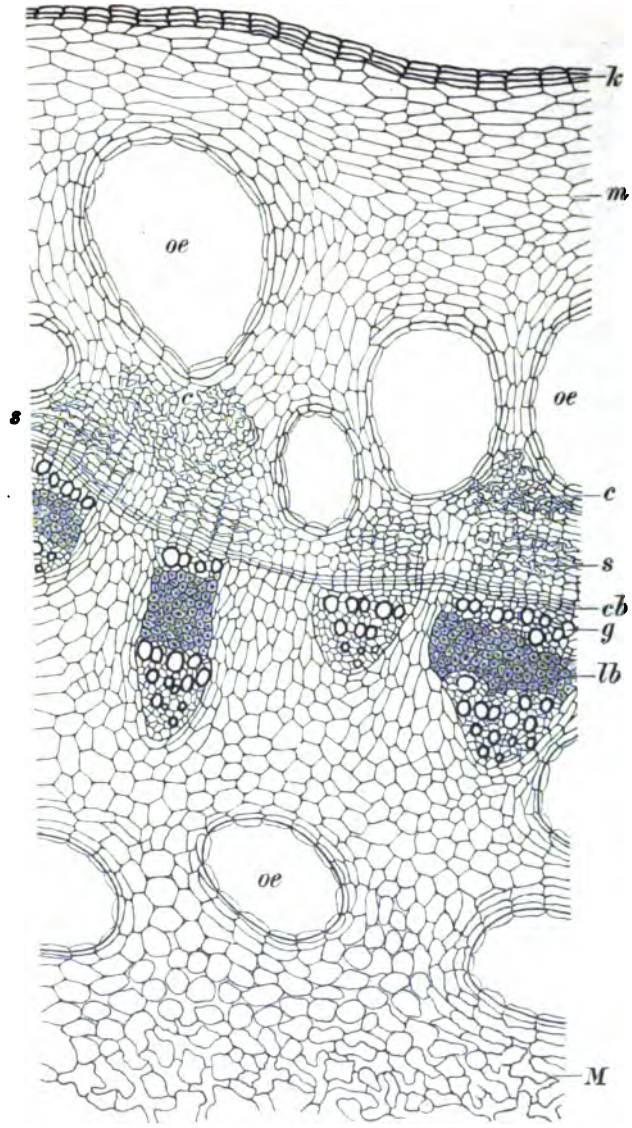


Fig. 116. Querschnitt durch die Peripherie des Rhizoms von Imperatoria (Tschirch). k Kork, m primäre Rinde, oe schizogene Oelgänge, s Siebbündel, cb Cambium, g Gefässe, lb Libriform (Holzfasern), M Mark.

---

den Zapfenschuppen einiger Coniferen. Krems 1879 und 1880. — Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 485. — Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, 2. Auflage 1900, S. 145.

stehen. Sehr häufig bildet sich der Harzgang durch Auseinanderweichen von ursprünglich vereinigten Zellen: Schizogene Excret-(Secret-)behälter. Oder es wird durch die Desorganisation, Auflösung (oder auch Zerreissung) bestimmter Zellen und Zellgruppen eine mit dem Excret sich füllende Lücke geschaffen: Lysigene Excretbehälter. Die den schizogenen Secretbehälter umgebenden Zellen haben im allgemeinen den Charakter der Parenchymzellen (vgl. Fig. 105). Ist ihre Gestalt von der der benachbarten Paren-

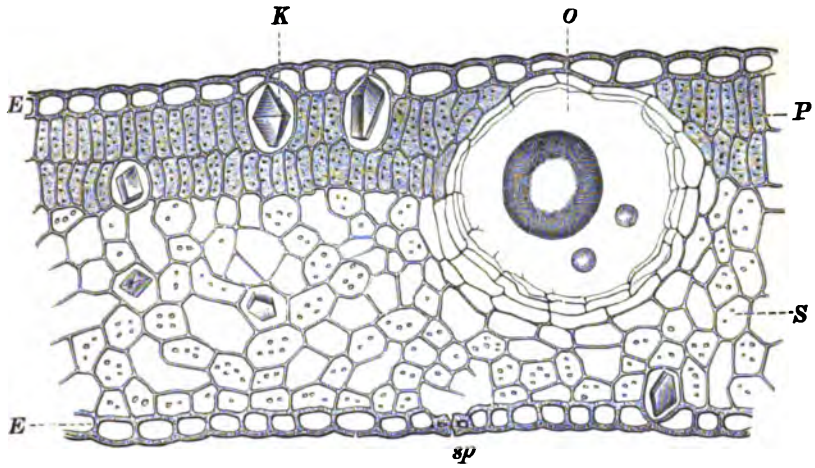


Fig. 117. Querschnitt durch ein Orangenblatt (Tschirch). O lysigener Oelraum, E Epidermis, sp Spaltöffnung, P Palissadenparenchym, S Schwammparenchym, K Krystall.

chymzellen wesentlich verschieden, so bilden sie einen eigenen Wandbeleg des Intercellularraumes, ein Epithelium, das wieder ein- oder mehrschichtig sein kann.

In Fig. 116 sehen wir grosse schizogene Secretbehälter (oe) von einem Epithel umgeben, dessen Zellen tangential gestreckt sind und eine viel geringere räumliche Entwicklung besitzen, als die Zellen des übrigen Parenchyms. Der Querschnitt durch ein Orangenblatt (Fig. 117) und ein solcher durch das Holz von Copaifera (Fig. 118) zeigen uns, wie durch Auflösung von Zellen die lysigenen Lücken entstehen. Eine Vereinigung beider Entstehungsmodi zeigen die schizolysigenen Canäle, d. h. solche, welche schizogenen Ursprungs sind und eine Raumvergrösserung durch Auflösung der umgebenden Zellen, also auf lysigene Weise, erfahren. Ich habe schon im Jahre 1878 an den Früchten von Myrospermum frutescens

Jacq.[1]) auf die Combination der beiden Entwicklungsarten hingewiesen, wie eine solche schon früher von Frank, Thomas für die Pinusharzbehälter angenommen worden ist. In dem Mesocarp der genannten Früchte befindet sich nebst zahlreichen kleineren ein grosser Balsambehälter, der vermuthlich schizogen entstanden und durch Verharzung der angrenzenden Zellen sich erweitert haben dürfte.

Ueber die Herkunft der Secrete wurde früher die Anschauung[2]) geltend gemacht, dass dieselben bezüglich schizogener Intercellularräume

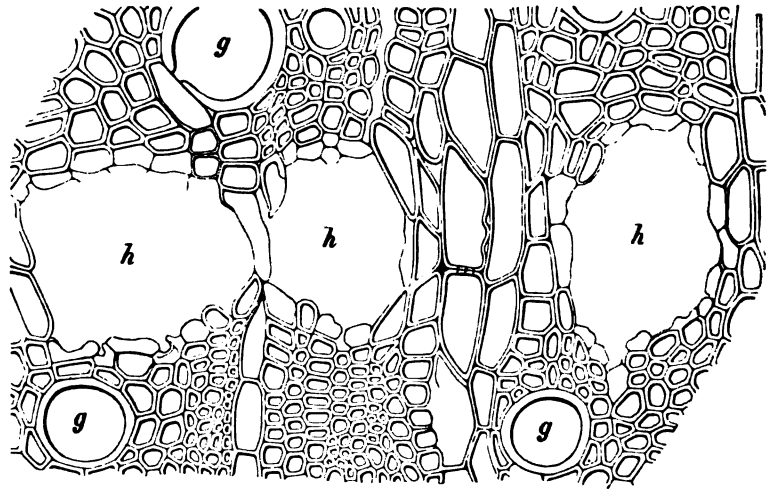


Fig. 118. Kleine lysigene Harzgänge (h) im Holze von Copaifera Langsdorffii nach Entfernung des Secretes durch Alkohol, m Markstrahl, g Gefäss. (Tschirch).

dem Inhalte der umgebenden Zellen entstammen müssen, dagegen in Bezug auf lysigene Behälter in Gestalt kleiner Tröpfchen in dem

---

[1]) Autor, Zur Anatomie der Frucht von Myrospermum frutescens Jacq. und deren Balsambehälter. Zeitschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver., XVI, 1878, S. 376.

[2]) De Bary l. c. S. 214. — A. Tschirch, Ueber die Entwicklungsgeschichte einiger Secretbehälter und die Genesis ihrer Secrete. Ber. d.-deutsch. Bot. Gesellsch., VI, 1888. — Uebrigens wird diese ältere Anschauung auch noch neuestens von Schwabach (Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. Band XXXI, 1899, S. 291) vertreten, der für Abies und Pinus angibt, dass das Harz in den den Secretraum umgebenden Zellen entsteht, während es bei Picea allerdings in der Membran — conform der Tschirch'schen Theorie — seinen Ursprung hat. — Die neueste zusammenfassende Arbeit von A. Tschirch, „Die Harze und die Harzbehälter", Leipzig 1900 erschien erst nach Abschluss des Manuskriptes und konnte hier nicht mehr berücksichtigt werden.

Protoplasma der aufzulösenden Zellen erscheinen, die dann rasch an Grösse und Zahl zunehmen und nach dem Schwinden der Wände zu grösseren Massen zusammenfliessen. Nach Tschirch[1]) verhält sich die Sache in Bezug auf die schizogenen Secreträume anders. „Entgegen der früheren Auffassung, dass das ätherische Oel bereits in den den Canal umgebenden secernirenden Zellen auftritt und von diesen in den Canal abgeschieden wird, hat sich ergeben, dass das Secernirungsepithel gänzlich secretfrei und nur dazu da ist, ‚die resinogenen Substanzen' nach dem Canal hin abzuscheiden. Die eigentliche Harzbildung erfolgt in der stark gequollenen äusseren gegen den Canal gerichteten Wand der Secernirungszellen." Diese stark gequollene Wand, eine gegen die Canalmitte hin durch eine zarte, gegen Schwefelsäure und Schultze'sches Gemische resistente innere Haut[2]) abgeschlossene Schleimmembran, ist die eigentliche „resinogene Schicht", in welcher die Harzbildung stattfindet, jedenfalls auf Kosten der Schleimmembranschicht. Je mehr sich das Harz anhäuft, desto mehr schwindet die Schleimmembranschicht.

Einheimische Laubhölzer. Die histologischen Elemente des Laubholzes sind die echten Holzfasern (Libriform, Libriformfasern, Sklerenchymfasern), die Tracheen oder Gefässe, die gefässartigen Holzzellen oder Tracheiden, das Holzparenchym und die Markstrahlzellen; eine besondere Zellenform repräsentiren die Sanio'schen Ersatzfaserzellen. Das relative Mengenverhältniss dieser Gewebselemente ist bei den einzelnen Holzarten ein äusserst verschiedenes, so dass sich in dieser Beziehung gar keine allgemein giltige Norm aufstellen lässt. Im allgemeinen kann man nur sagen, dass im Frühholz zumeist die trachealen Formen, im Herbstholz die rein mechanischen, also die Holzfasern vorwalten.

Als typisches Beispiel wählen wir das Rothbuchenholz, dessen Elemente in Fig. 119 abgebildet sind.

Die Libriformzellen[3]) sind zumeist langgestreckte, mehr oder

---

[1]) Ueber die Bildung von Harzen und ätherischen Oelen im Pflanzenkörper. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot., Band XXV, Heft 3, 1893.

[2]) Tschirch, Ueber den Ort der Oel- bezw. Harzbildung bei den schizogenen Secretbehältern. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch., XI. 1893, S. 201.

[3]) De Bary, l. c. S. 496. — Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 297. — Vergl. hiezu und zu den folgenden Absätzen: Sanio, Ueber die Zu-

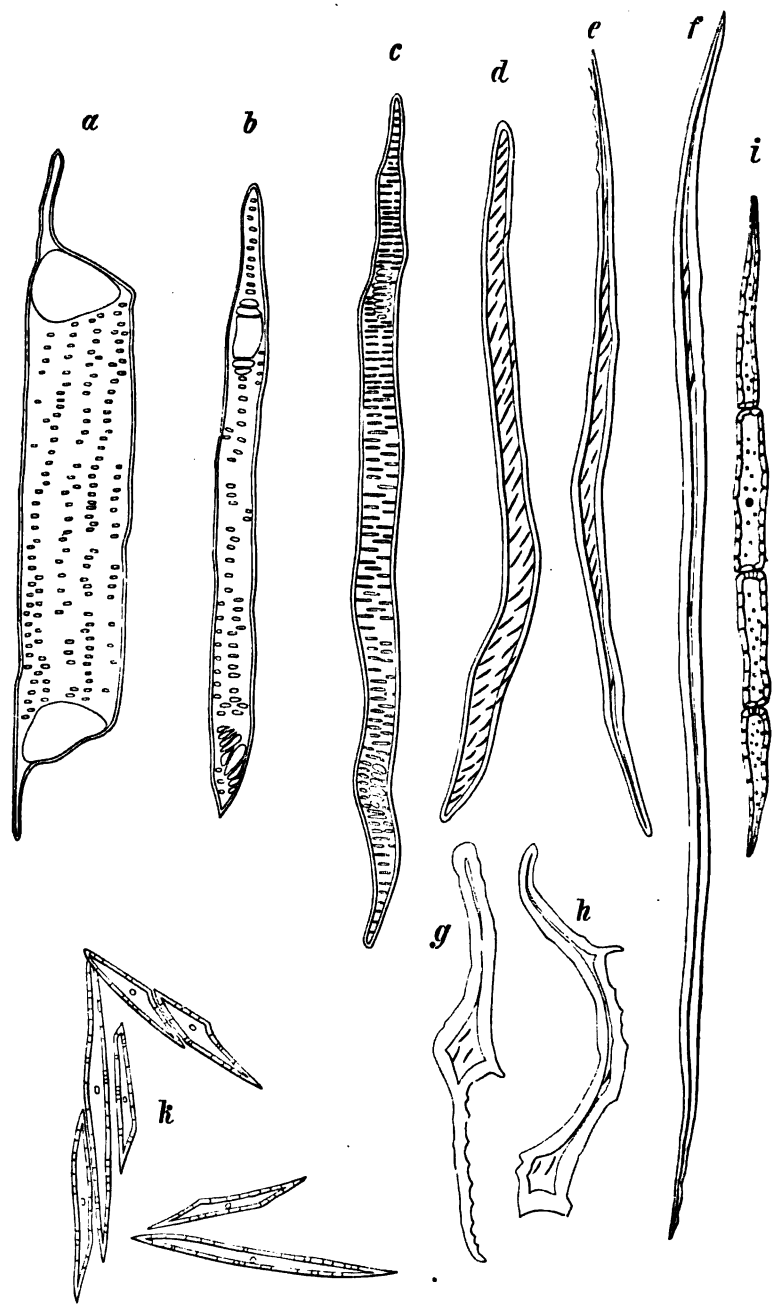


Fig. 119. Isolirte Elemente aus dem alten Holz der Rothbuche (Fagus silvatica) (aus Reess Botanik nach Schwarz). a und b Gefässe, c und d Tracheiden, e—h Libriformzellen (echte Holzfasern), i Holzparenchymzellen, k Markstrahlzellen.

weniger stark verdickte und stark verholzte, fast porenfreie, nur auf den Radialwänden mit einfachen, meist linksschiefen Spaltentüpfeln versehene Faserzellen (Fig. 119, e, f, g, h), deren Querschnitt entweder rundlich oder polygonal (Fig. 125) erscheint und eine oft gallertige Innenhaut (tertiäre Membran) erkennen lässt. Mitunter sind sie mit knorrigen Auswüchsen versehen oder selbst verzweigt, an den Enden gegabelt. Ein durchgreifender Unterschied zwischen den Libriformfasern und den (im Capitel über die Faserstoffe) beschriebenen Bastfasern existirt nicht, was nach der fast gleichen Aufgabe, die dieselben als mechanische Elemente zu vollführen haben, begreiflich erscheint. In den meisten technisch verwendeten Laubhölzern spielt das Libriform die Hauptrolle.

Um dieselben zu isoliren, muss man sehr dünne Splitterchen des Holzes im Schultze'schen Gemische (Salpetersäure und Kaliumchlorat [1]) kochen und nach dem Auswaschen in Wasser sanft zerreiben. Eine sehr bequeme Art, isolirte Holzelemente zu demonstriren, bietet ein aus Laubholz hergestellter Papierstoff.

Die Gefässe oder Tracheen sind theils ungegliederte, theils gegliederte Röhren, die aus mehreren oder vielen über einander liegenden Zellen in der Weise entstanden sind, dass die Querwände der letzteren mehr oder weniger vollständig resorbirt worden sind. Ein niemals fehlendes Merkmal der Gefässe ist ihre eigenthümliche Wandverdickung. „Die Resorption der Querwände der ursprünglich getrennten Zellen findet erst mit Vollendung der Wandverdickung statt und bleiben die Grenzen der einzelnen Zellen, welche zu einem Gefässe verschmelzen, auch nach dieser Verschmelzung noch als „Glieder" des Gefässes erkennbar" (Tschirch). Im Querschnitt erscheinen die Gefässe meist als mehr oder weniger runde Löcher, durch ihre Grösse von den benachbarten Zellen, bezw. deren Lumina, leicht zu unterscheiden; häufig auch zu zweien oder mehreren, oft in Reihen an einander gelagert. Ihr Querdurchmesser ist an einem und demselben

sammensetzung des Holzkörpers etc. Bot. Ztg. 1863, S. 401. — Hartig, Forstliche Culturpflanzen. Berlin 1851. — J. Moeller, Das Holz. Kassel 1883. — J. Moeller, Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Holzes. Denkschr. d. math.-naturw. Classe d. Wiener Akademie 1876, Band XXXVI. — Solereder, Holzstructur, München 1885, und idem, Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart 1898—1899. — Wieler, Anatomie und Ausbildung von Libriformfasern in Abh. v. äuss. Verh. Bot. Ztg. 1889, S. 517.

[1]) Vergl. S. 20. Daselbst ist, Zeile 10 von oben, ein Druckfehler übersehen worden. Es soll selbstverständlich nicht Kaliumhydrat, sondern Kaliumchlorat heissen.

Holz, je nach dem Vorkommen, im Früh- oder Spätholz verschieden, im letzterem fast immer weit kleiner, als im Frühholz. Von besonderer Wichtigkeit ist — nebst der Vertheilung der Gefässe, deren unten ausführlich gedacht werden soll — die Verschiedenartigkeit der Wandverdickungen. Nach diesen unterscheidet man Ring-, Spiral-, Netz- und Tüpfelgefässe (Fig. 120, b, c, d, g). Ringgefässe sind hauptsächlich in der Abtheilung der Monocotyledonen vertreten (vergl.

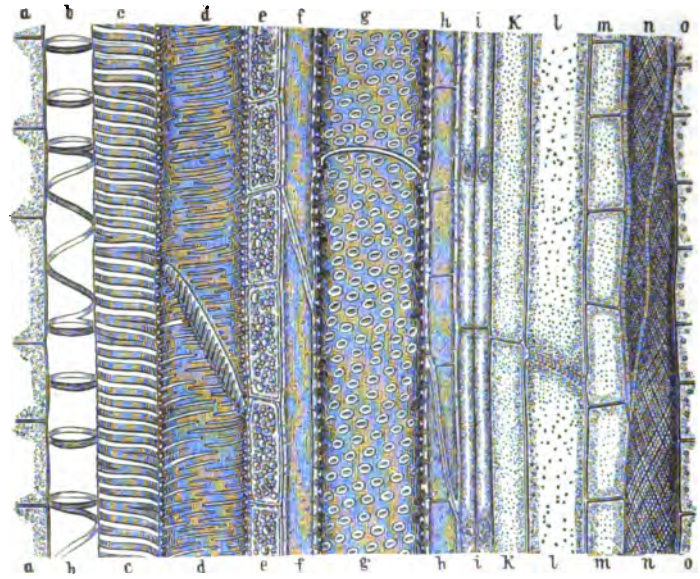


Fig. 120. Längsschnitt durch ein ideales dicotyles Gefässbündel (Kny). a Mark, o Rindenparenchym, i Cambium, b—h Holztheil, k—n Basttheil (Innenrinde); b Ring-, c Spiral-, d Netz-, g Tüpfelgefäss, e Holzparenchym, f Libriformfaser, h gefächerte Holzzellen; k Cambiform, l Siebröhren, m Bastparenchym, n Bastfasern.

den Strohstoff, S. 105 und 107, Fig. 78, r, und 80, rg). Spiralgefässe sind ausserordentlich häufig und werden auch als Spiroiden bezeichnet. Tüpfelgefässe können mit einfachen und mit gehöften Tüpfeln versehen sein. Letztere bedecken oft die Gefässwand so reichlich, dass sich ihre Contouren gegenseitig abplatten und dann scharfkantig polygonal erscheinen (Fig. 161). Die Enden der Gefässe sind nur schwierig zu beobachten, am besten selbstverständlich an isolirten Elementen. Häufig finden wir eigenthümliche, schwanzartige Ausläufer (Fig. 119, a), welche wahrscheinlich von der ersten Anlage (Zellen) herrühren. Verbindungen unter einander sind häufig

und nicht selten erscheint die Insertionsstelle eines Gefässes an dem anderen leiterartig durchbrochen.

Es erscheint nicht überflüssig, hier hervorzuheben, dass der Unterschied zwischen Gefäss und Tracheide hauptsächlich in der Entstehung gelegen ist. Eine Tracheide ist eine Zelle, ein Gefäss

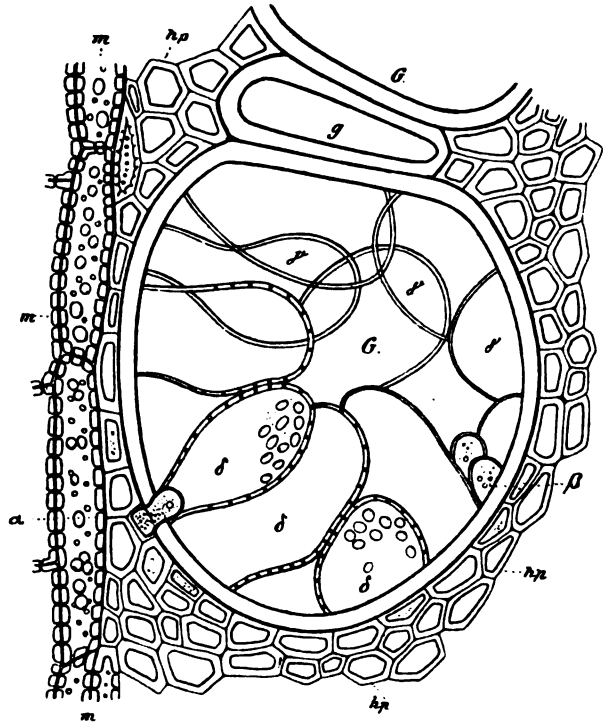


Fig. 121. Thyllen und Thyllenentwicklung (Rees). Querschnitt durch das Holz von Vitis vinifera, das Gefäss in der Mitte voll alter Thyllen. Am linken Rande aus einer Holzparenchymzelle eine junge Thylle herauswachsend. hp Holzparenchym, m Markstrahlen.

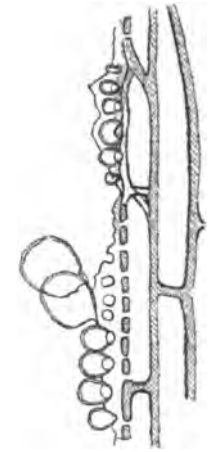


Fig. 122. Thyllen und Thyllenentwicklung (Rees). Längsschnitt durch das gleiche Holz, vom Holzparenchym aus in das Gefäss g durch jedes Tüpfel junge Thyllen gewachsen, jüngste oben, losgelöste in der Mitte.

ist eine Zellenfusion. Wenn die Querscheidewände erhalten bleiben, so ist der Gefässcharakter weniger scharf ausgeprägt und man kann in diesem Falle mit Tschirch[1]) nicht mehr von Gefässen, sondern muss von gefässartig über einander stehenden Tracheiden reden.

In vielen Hölzern finden wir die Gefässe durch ein eigenthüm-

[1]) Angewandte Pflanzenanatomie, S. 331.

liches Füllgewebe verstopft, dessen Zellen als Füllzellen oder Thyllen[1]) bezeichnet werden. Da sie an zahlreichen technischen Hölzern (Eiche, Platane, Robinie, Hollunder, Weinstock, Gelbholz, vergl. Fig. 138) auftreten, müssen wir uns über den Bau und die Entwicklung derselben informiren. Die Thyllen erscheinen in den Gefässen als blasige, faltige, seltener mehr regelmässig geformte Zellbildungen, die, wie zuerst Böhm nachwies, zur Verstopfung der Gefässe dienen, so dass diese unwegsam für die Leitung des Wassers werden, aber auch als Speicherorgane — wie das Holzparenchym — für Stärke in Anspruch genommen werden können. Sie treten in Schrauben-, Ring- und Tüpfelgefässen auf.

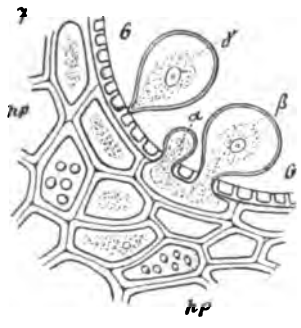


Fig. 123. Thyllen und Thyllenentwicklung (Rees). Gefässquerschnitt von Cucurbita mit jungen Thyllen α und β aus Holzparenchym ins Gefäss wachsend. 350/1.

Aus den Figuren 121—123 (nach Rees) ist zu ersehen, dass die den Gefässen anliegenden Holzparenchymzellen das Material für die Thyllenbildung abgeben. Eine mit enormer Wachsthumsfähigkeit ausgestattete Zellwandpartie tritt durch das Gefässtüpfel in das Innere des Gefässes und vergrössert sich daselbst blasenförmig, kann auch durch Verdickung sklerenchymatisch werden. Selbstverständlich nimmt daran auch die Gefässwand theil und Molisch (l. c.) präcisirt die Entwicklung folgendermassen: „Bei den ersteren (Schrauben- und Ringgefässen) ist die ausserordentlich dünne Gefässwand mit der benachbarten Parenchymzellwand aufs innigste zu einer homogen erscheinenden Membran verschmolzen. Diese wächst zur Thylle aus. Bei Tüpfelgefässen stellt die Schliesshaut einseitiger Hoftüpfel die Thyllenanlage dar. Durch Auswachsen der Schliesshaut kommt die Thylle zu Stande.“ Da sich die Thylle in der Regel nicht durch eine Querwand von der Parenchymzelle abgliedert, so sind die Thyllen nicht eigentlich Zellen, sondern nur Theile derselben, Aussackungen, an denen bei reicher Entwicklung die Ursprungsstelle oft freilich nicht mehr deutlich zu sehen ist.

---

[1]) De Bary l. c. S. 177. — Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 336. — Wiesner, Anatomie der Pflanzen. Wien 1898. S. 82. — Molisch, Zur Kenntniss der Thyllen, nebst Beobachtungen über Wundheilung in der Pflanze. Sitzungsber. der Wiener Akademie 1888. — Reess, Lehrbuch der Botanik, 1896, S. 88.

Thyllenbildung kann man durch Verletzung von Zweigen willkürlich hervorrufen [1]).

Noch haben wir über die Vertheilung der Gefässe (am Stammquerschnitt) und deren Bedeutung für die Bestimmung der Hölzer zu erörtern. In der Technik werden die Gefässe am Querschnitt als Poren bezeichnet. Es zeigt sich nun ein sehr auffälliger

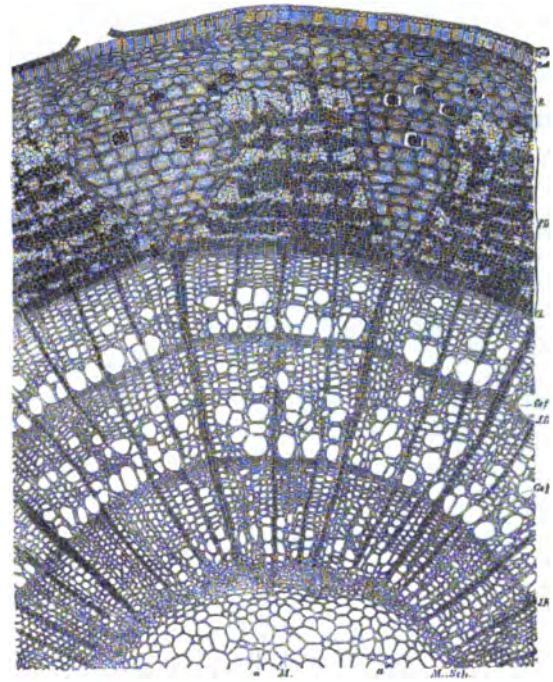


Fig. 124. Querschnitt aus einem dreijährigen Zweige von Tilia parvifolia (Kny). Epid Epidermis, Peri Kork, R Rindenparenchym, Phl Phloëm, Cb Cambium, Gef Gefässe, JR Jahresringgrenze, M Mark.

Unterschied der Anordnung dieser „Poren" nach zweifacher Richtung. Es bilden sich entweder in der Frühjahrszone zahlreiche, meist eng an einander schliessende Gefässe aus, die insgesammt einen zusammenhängenden Ring — Porenring — darstellen und man nennt solche Hölzer ringporige Hölzer (Eiche, Esche, vergl. die Lupenbilder Fig. 126, 128, 130). Oder die Gefässe erscheinen im ganzen Jahresring zerstreut und mehr oder weniger gleichmässig vertheilt, auch in der Grösse nicht wesentlich von einander abweichend; diese Hölzer werden

[1]) Joseph Böhm, Sitzungsber. der Wiener Akad. 1867 und Reess, Zur Kritik der Böhm'schen Ansicht über die Thyllen. Bot. Ztg. 1868. Molisch l. c.

zerstreutporige Hölzer genannt (Fig. 135). Mannigfache Uebergänge und Zwischenstufen kommen häufig vor (z. B. bei Juglans und Carya) und die am Schlusse dieses Abschnittes befindliche analytische Bestimmungstabelle gibt für alle Fälle entsprechende Beispiele an. Aber auch ausserhalb des eben berührten „Porenringes" können die (Spätholz-) Gefässe bestimmte Vertheilungsnormen einhalten: sie können gleichmässig zerstreut oder zu verschieden langen, schief oder tangential verlaufenden Wellenlinien (Ulmus, Celtis) mit einander vereinigt sein, wobei sie in der Regel von Holzparenchymbändern begleitet werden [1]).

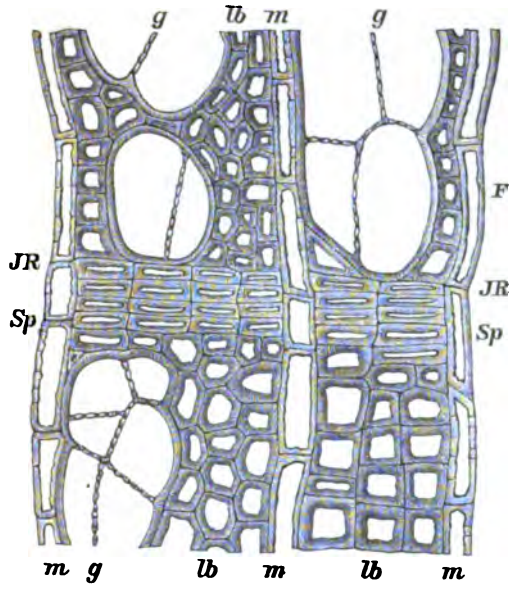


Fig. 135. Partie eines Querschnitt durch das Lindenholz. g Gefässe, lb Libriform, m Markstrahlen, Sp Spätlibriform, welches die Jahresringgrenze JR bildet. Die Zellen sind plötzlich tangential stark abgeplattet, zeigen eine deutlich radiale Anordnung; gewöhnlich sind 4—6 Reihen entwickelt. — F Frühholz (der nächsten Vegetationsperiode).

Wie kommt bei den Laubhölzern die Jahresringgrenze zu Stande? Aus dem Gesagten wird ersichtlich sein, dass bei ringporigen Hölzern — analog den Coniferen — die Gefässe selbst die Abgrenzung sichtbar machen. Das Frühholz führt zahlreiche und meist grosse Poren, das Herbstholz deren wenige und nur sehr enge, die gegen die Grenze hin gänzlich verschwinden. Es werden demnach die ringporigen Hölzer zumeist eine sehr deutliche Jahresringbildung zeigen. Bei den zerstreutporigen dagegen erscheint die Sache nicht so einfach. Und doch ist auch hier die Tendenz der Ringbildung dieselbe, wie bei den Coniferen. Bei diesen sind die letztentwickelten Tracheiden sehr schmal, dickwandig und kleinlumig; bei den zerstreutporigen Laubhölzern sind die zuletzt im Spätholz entwickelten Holzelemente frei von Gefässen und bestehen nur aus

[1]) Vergl. hiezu Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie, S. 419. Daselbst auch die Literaturangaben.

tangential stark abgeplatteten, schmalen, radial angeordneten, stark verdickten und kleinlumigen Libriformzellen (Fig. 124 und 125).

Was wir über die Tracheiden oben bei den Nadelhölzern erfahren haben, gilt im allgemeinen auch für die Tracheiden der Laubhölzer. Es ist selbstverständlich, dass man zumeist nur an den Längsschnitten dieselben wird erkennen können, und der Anfänger mache es sich daher zur Pflicht, an jedem Holze die drei typischen Schnitte zu studiren. Handelt es sich um die Bestimmung eines Laubholzes, so genügt in den meisten Fällen der Querschnitt; für die mikroskopische Untersuchung ist aber das Studium der drei Schnitte unerlässlich.

In Bezug auf die Markstrahlzellen [1]) ist zu bemerken, dass dieselben immer getüpfelt sind (Fig. 119, k, Fig. 125, m), in verschieden breiten Reihen (und Höhen) vorkommen können und dass sie endlich zumeist radial gestreckt sind. Es gibt aber zahlreiche Hölzer, deren Markstrahlen zum Theil aus nicht radial, sondern aus parallel zur Längsaxe des Stammes gestreckten Zellen zusammengesetzt sind; diese lassen auch enge Intercellularräume zwischen sich (in Bezug auf zwei in der Höhe aneinanderstossende Reihen oder „Stockwerke“) frei. Kny [2]) bezeichnet die radial gestreckten Markstrahlzellen, deren Charakter aber nicht in der Streckung, sondern hauptsächlich in dem lückenlosen Zusammenschlusse liegt, als Markstrahlpalissaden; die aufrecht stehenden dagegen als Markstrahlmerenchymzellen. Ein vortreffliches Beispiel für dieses Vorkommen ist das Holz der Bruchweide (Salix fragilis) und der Rosskastanie. Im Holze der Bruchweide, deren Markstrahlen einreihig sind, folgen beispielsweise auf zwei Palissadenreihen nach abwärts eine Reihe Merenchymzellen, eine Reihe Palissaden, drei Reihen Merenchymzellen und zuletzt zwei Reihen Palissaden. „Da wo die Palissaden auf dem ihnen unmittelbar benachbarten Gefässe liegen, ist ihre Wandung und die des Gefässes mit grossen, unregelmässig polygonalen, sehr schwach behöften Tüpfeln versehen, welche an anderen Stellen des Markstrahles an den Palissaden vermisst werden. Die auf dem Gefässe liegenden Palissaden zeichnen sich vor ihren Nachbarinnen zur Rechten und zur Linken ausserdem durch grösseren Radialdurchmesser und dadurch aus, dass die Tüpfel ihrer Quer- und Tangentialwände vergleichsweise grosse sind. Die Merenchymzellen

[1]) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 400.

[2]) Kny, Ein Beitrag zur Kenntniss der Markstrahlen dicotyler Holzgewächse. Ber. d. deusch. Bot. Gesellsch. VIII, 1890, S. 176.

zeigen weder auf dem Gefässe, noch auf den Libriformzellen grosse Tüpfel auf ihren Radialwänden" (Kny).

Am Erlenholze und am Vogelbeerholze (Sorbus) findet man regelmässig Erweiterungen der Markstrahlen, locale Hypertrophien nach de Bary, die von Hartig als Zellgänge, von Nördlinger als Markflecke, von Rossmässler als Markwiederholungen bezeichnet werden. Nach Hartig entstehen sie durch Insectenfrass (Tipula), indem die von den Larven erzeugten Höhlungen nachträglich wieder mit Zellgewebe ausgefüllt werden sollen. Haberlandt hält dieselben für Speicher. — „Die kleineren Markflecke [1]) verhalten sich wie locale Anschwellungen der Markstrahlen (sind also Markstrahlerweiterungen), die grösseren kann man passender, da sie mit den Markstrahlen eigentlich nichts mehr zu thun haben, auch meist gar nicht einmal gestreckt sind, als abnormes Holzparenchym bezeichnen. Diese Gruppen, Inseln und Streifen von abnormem Holzparenchym, die schon im Cambium als solche angelegt werden [2]), sind oft der Ausgangspunkt oder alleinige Herd lysigener Harz- und Gummidrusenbildung, so beim Kirschgummi (zum Theil wenigstens), vielen Nadelhölzern (z. B. Abies balsamea)."

Die Holzparenchymzellen sind im Laubholz viel reichlicher vertreten, als im Coniferenholz, sie bilden häufig die nächste Umgebung der Gefässe, vereinigen sich zu radial (Eiche) oder tangential verlaufenden (Ulme) Linien und fungiren während der Vegetationsruhe (oder einer bestimmten Periode derselben) als Speicher, hauptsächlich für Stärke. Ihre Wandungen sind einfach oder gehöft getüpfelt. Eine besondere Form bilden die Ersatzfasern. Wir haben schon oben S. 162 erfahren, dass die Zellen des Holzkörpers aus dem sog. Cambium entstehen; die Cambiumzellen sind dünnwandige, langgestreckte, (in der Richtung der Axe) theilungsfähige Zellen (Fig. 106 auf S. 162), aus welchen unter anderen durch Quertheilungen die Holzparenchymzellen entstehen. Unterbleiben jedoch diese Quertheilungen und behält die in den Holzkörper übertretende Cambiumzelle ihre ursprüngliche faserähnliche Gestalt, so stellt sie die Ersatzfaser, wie sie Sanio genannt hat, dar. Sie dient gleich der Holzparenchymzelle zur Leitung und Speicherung der Nährstoffe, kann aber auch zur Festigung beitragen.

---

[1]) Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie, S. 407.

[2]) Damit stimmt allerdings die Darstellung von Hartig nicht überein. Es scheint mir aber, dass die Zellgänge Hartig's mit den Markflecken nicht immer identisch sind, dass also zwei von einander zu unterscheidende Formen dieser Parenchymbildungen im Holze vorkommen.

In allen Hölzern finden wir in der Axe das Mark entwickelt. In der Regel ist dasselbe nur mehr auf ein sehr unbedeutendes Volumen reducirt, seltener (Holunder) bildet es einen ansehnlichen Körper. Für den technischen Mikroskopiker ist dasselbe nur von geringem Belange [1]).

Exotische Laubhölzer. Was wir über die histologischen Elemente des Holzes unserer Laubbäume erfahren haben, kommt im allgemeinen auch den exotischen Laubhölzern zu. Doch fehlt diesen in der Regel die deutliche, scharf abgegrenzte Jahresringbildung, da eine Vegetationsruhe, wie sie unsere Winterszeit vorstellt, in den Tropen nicht vorkommt. Allerdings kann man an vielen Tropenhölzern Ringbildungen beobachten, da ja auch an diesen der Zuwachs in Ring- bezw. Kegelform vor sich geht. Uebrigens gibt es auch tropische Hölzer mit Jahresringbildungen [2]). Bei einigen Hölzern (Leicht- oder Korkhölzer) bildet das Holzparenchym die Hauptmasse des Holzgewebes. An diesen und den später zu besprechenden Farbhölzern werden wir Gelegenheit haben, den Bau des Tropenholzes ausführlich kennen zu lernen.

An verschiedenen, meist exotischen Laubhölzern hat v. Höhnel [3]) die sehr bemerkenswerthe Entdeckung gemacht, dass dieselben am Tangentialschnitt eine schon mit freiem Auge oder mit der Lupe sichtbare feine Querstreifung erkennen lassen, die höchst gleichmässig auftritt und entweder von einer regelmässigen Anordnung der Markstrahlen (in den meisten Fällen) oder von diesen und den Tüpfeln oder nur von den letzteren herrührt. Dieser stockwerkartige Aufbau ist für Caesalpinieenhölzer, für Mahagoni, Guajakholz u. a. sehr charakteristisch.

B. Physikalisch-technische Eigenschaften des Holzes; Bemerkungen über die Inhaltsstoffe.

Zur Charakterisirung des Holzes ist die Kenntniss einiger technischer und physikalischer Eigenschaften [4]) unerlässlich; insbesondere

---

[1]) Ausführliches darüber s. Kassner, Ueber das Mark einiger Holzpflanzen, Diss. Berlin 1884, und Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie, S. 424.

[2]) „Wo bei tropischen Bäumen Ringe auftreten, ist es fraglich, ob dies Jahresringe oder nicht vielmehr oftmals Semesterringe sind.“ Tschirch l. c. p. 421.

[3]) Ueber stockwerkartig aufgebaute Holzkörper. Sitzungsber. der Wiener Akademie 1884, LXXXIV, 1.

[4]) Nördlinger, Die technischen Eigenschaften der Hölzer. — Moeller, Das Holz, 1884.

muss auf diejenigen Rücksicht genommen werden, welche zur Bestimmung einer Holzart unumgänglich nothwendig sind.

1. Farbe des Holzes. An vielen Hölzern sind die centralen Schichten (Jahresringe) dunkler gefärbt, als die peripherischen. Diese lichteren äusseren Schichten, welche die jüngst gebildeten vorstellen, werden Jungholz oder Splint genannt.

Nur im Splinte, und zwar nur in den allerjüngsten Theilen desselben, geht der Transport des Wassers vor sich, sie sind die leitenden Theile des Baumstammes. Die übrigen Schichten sind hiezu untauglich [1]).

Behält der Holzkörper eines Stammes in allen seinen Schichten den Charakter des Splintes, sind also die inneren und äusseren Jahreszuwachszonen weder physikalisch noch chemisch von einander verschieden und durchwegs gleich licht gefärbt, so nennt man den betreffenden Stamm einen Splintbaum. Solche sind die Weissbuche, Birke, Zitterpappel, Erle, Berg- und Spitzahorn, Hasel, Buchs.

Trocknen dagegen die inneren Schichten des Baumstammes stark aus, ohne aber ihre Farbe und Härte wesentlich zu verändern, so spricht man von Reifholzbäumen. Reifholz ist also wohl physikalisch (durch Austrocknung), aber nicht stofflich verändert. Reifholzbäume sind Fichte, Tanne, Rothbuche, Feldahorn, Weissdorn, Linde, Birnbaum.

Wenn sich aber die inneren Schichten sowohl physikalisch, als auch chemisch von den äusseren Jahresringen (Schichten) unterscheiden, dadurch, dass erstere trockener (mit Ausnahmen), härter, dichter, fester, durch Einlagerung verschiedener Stoffe (Gummi-, Harz- und Farbkörper) dunkler gefärbt und widerstandsfähiger (gegen Fäulniss) werden, so bezeichnet man diese inneren Schichten als Kernholz und spricht von Kernbäumen, wenn das Kernholz unmittelbar an den Splint grenzt. Kernbäume sind Esche, Eiche, Nuss, Kirsche, Pflaumen- und Apfelbaum, Edelkastanie, Hartriegel, falsche Acacie (Robinie), Beinholz, Maulbeerbaum, Platane, Weiss- und Schwarzpappel, Föhre, Lärche, Eibe, Wachholder, Ceder, die meisten schweren ausländischen Kunsthölzer, alle Farbhölzer [2]).

[1]) Nebst zahlreichen Arbeiten von Hartig handelt darüber ausführlich Wieler, Beiträge zur Kenntniss der Jahresringbildung und des Dickenwachsthums, in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. XVIII, S. 114, und idem, Ueber den Ort der Wasserleitung im Holzkörper dicotyler und gymnospermer Holzgewächse. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. VI, 1888, S. 406.

[2]) Vergl. dazu J. Gaunersdorfer, Beiträge zur Kenntniss der Eigenschaften und Entstehung des Kernholzes. Sitzungsber. der Wiener Akademie

Bei einigen Hölzern bildet sich zwischen Splint und Kern noch eine Schichte Reifholz aus: Reifholzkernbäume, wie Ulme, Rainweide (Lingustrum), Salweide, Pfaffenkäppchen (Evonymus), Faulbaum (Frangula), Kreuzdorn.

Die Farbe des Splintes ist weiss oder gelb, auch röthlich und grünlich. Das Kernholz hat gewöhnlich eine bestimmt ausgesprochene Farbe, es ist gelb (Gelbholz, Citronenholz), grün, roth, rothbraun, braun, violett, schwarz u. s. w. Die Kernfarbe ist zur Beurtheilung der Qualität von Wichtigkeit; je dunkler z. B. das Lärchenholz ist, desto grösser ist seine Dauerhaftigkeit; für Möbel- und Kunstholz soll die Färbung entweder gleichartig sein (Ebenholz), oder das Holz soll eigenthümliche Zeichnungen (Farbenmaser, geflammte Muster) besitzen.

2. Die Härte des Holzes. Man unterscheidet bekanntlich weiches und hartes Holz und die Unterscheidung zwischen dem weichen Fichten- und dem harten Eichenholz ist wohl jedermann geläufig. Aber eine genaue Begriffsbestimmung dieser Eigenschaft ist ausserordentlich schwierig. Im allgemeinen kann man sagen, dass in der Dicke der Zellwände, in der Menge der in dieselben eingelagerten Stoffe (Lignin), in der Innigkeit der Verbindung der Holzelemente und in der dichten Lagerung derselben die Ursache der Härte zu suchen ist. Beispiele für harte Hölzer in aufsteigender Folge sind: Birne, Nuss, Buche, Edelkastanie, Ahorn, Ulme, Eiche, Esche, Platane, Pflaume, Zürgel, Götterbaum (Ailanthus), Kirsche, Weissbuche, Robinie, Hartriegel, Buchs, Veilchenholz, Quebracho, Teak, Ebenholz, Guajak, sog. Cocusholz und die verschiedenen Eisenhölzer. Weiche Hölzer sind Nadelhölzer, Linde, Pappel, Weide, Birke, Erle, Rosskastanie.

Die übrigen technischen Eigenschaften, wie die Feinheit, Dichte, Festigkeit, Biegsamkeit, Elasticität (für das Resonanzholz wichtig, wie Fichte, Eiche, Buche), die Spaltbarkeit u. s. w. sind für die Mikroskopie des Holzes von geringerem Belange. Eine bemerkenswerte Eigenschaft des Holzes ist die Schrumpfung oder Schwindung. Der Wassergehalt des grünen, d. i. des frisch gefällten Holzes ist sehr bedeutend und beträgt etwa die Hälfte des Gewichtes eines Baumstammes; lufttrockenes Holz besitzt in der Regel 7 bis

---

1882, LXXXV, 1. Abth., Januarheft p. 10—41. Nach Gaunersdorfer kommt Kernholz dadurch zu Stande, dass Derivate der festen Inhaltskörper, hauptsächlich der Stärke, sämmtliche constituirenden Elemente des Holzes erfüllen. Diese Derivate sind Gummi und harzartige Producte.

15 Procent hygroskopisches Wasser. Der Splint ist zum mindesten in seinen äussersten Theilen wasserreicher als der Kern [1]).

Wenn nun der gefällte Stamm das im Splint vorhandene Wasser durch Abdunstung verliert, so entsteht die Erscheinung des Reissens, Verziehens und Werfens des Holzes. So erhält z. B. ein der Länge nach halbirter Stamm einen Kernriss, weil die äusseren wasserreichen Schichten stark schrumpfen, die inneren dagegen dieser Zusammenziehung nicht folgen können. Aus demselben Grunde erhält ein runder Baumstamm „Strahlenrisse", ein vierkantig behauener Stamm gewöhnlich nur vier Strahlenrisse; ein Seitenbrett krümmt sich gegen die Splintseite, ein Mittelbrett erfährt eine Kernspaltung und wirft sich nach dem „Saume".

Allen Hölzern ist, namentlich wenn sie frisch sind, ein bestimmter Geruch eigen, der z. B. bei den Nadelhölzern zum Theil von dem Terpentin, bei den „wohlriechenden" Hölzern (Veilchenholz, weisses Sandelholz, Moschusholz) von ätherischen Oelen verursacht wird.

Die oben erwähnten Risse, ferner verschiedene Fäulnisserscheinungen, Frostwirkungen und unregelmässiges Wachsthum bedingen die Fehler des Holzes. Für Kunst- und Fournierholz ist namentlich der sog. Maser- oder Wimmerwuchs wichtig, der von der Bildung „schlafender Augen" (d. h. nicht zur Entwicklung kom-

---

[1]) Für das Eichenholz hat Hartig (Forstl.-naturwiss. Zeitschr. 1894, III, S. 51) nachgewiesen, dass der Kern wasserreicher als der Splint ist und dass insbesondere der an den Splint angrenzende Kern am wasserärmsten, dafür aber am luftreichsten ist; gegen das Mark nimmt der Wassergehalt zu, der Luftgehalt ab. An einer 246jährigen Eiche ergaben sich folgende Zahlen:

Alter des Baumes	Wasser	Luftraum
246—226 (Splint)	426	316
226—206 („)	366	377
206—186 (Kern)	393	335
Innerster Kern	520	110

Trotzdem ist der Kern von der Wasserleitung ausgeschlossen und Hartig erklärt dessen höheren Wassergehalt folgendermassen (S. 52): „Ich denke mir diesen Process geradeso, wie er erfahrungsgemäss an jedem im Wasser liegenden Holzstücke im Laufe der Zeit erfolgt. Die Luft im Innern der Organe wird langsam von dem Wasser aufgelöst und fortgeführt. Begünstigt wird ein solcher Auflösungsprocess ohne Zweifel, wenn Wasser und Luft unter erhöhtem Drucke stehen. Ein solcher findet aber auch sicherlich normal im unteren Stammtheile wenigstens periodisch statt, wenn in Zeiten lebhafter osmotischer Processe in den Wurzeln und in den jüngeren Splintringen eine Luftverdichtung eintritt, die auf die inneren Holzschichten nicht ohne Einwirkung sein kann."

mender Knospen), von Unregelmässigkeit des Wachsthums, von Verwundungen u. a. herrührt und die bekannten, an Fournieren so sehr geschätzten Maserzeichnungen[1]) hervorruft.

Die in diesem und dem vorigen Abschnitte enthaltenen Angaben über den Bau und die Eigenschaften des Holzes setzen uns nun in die Lage, die mikroskopische Untersuchung eines Holzes mit Erfolg durchführen zu können. Der technische Mikroskopiker wird zuerst die mit freiem Auge und mit der Lupe am Querschnitt zu beobachtenden Eigenthümlichkeiten zu erforschen trachten, so die Jahresringbildung, die Vertheilung der Gefässe bezw. der „Poren" (denn häufig sind die dem freien Auge als gross erscheinenden „Poren" aus mehreren enge an einander stossenden Gefässen zusammengesetzt, z. B. am Nussholz), die Form der Markstrahlen. Dann wird er das mikroskopische Bild der drei Schnitte zuerst im Allgemeinen zu fixiren trachten, wozu das Zeichnen dringendst empfohlen wird. Dieses wird ihm Aufschluss geben über die Zusammensetzung und räumliche Entwicklung der Markstrahlen, die Vertheilung, Grösse und Verdickungsweise der Gefässe, die Vertheilung und den Bau des Holzparenchyms. Die systematische Detailuntersuchung hat dann über die genaue Beschaffenheit der einzelnen histologischen Gewebselemente Rechenschaft zu geben. Wesentlich gefördert wird diese Detailuntersuchung durch die Isolirung der Elemente, worüber oben schon das Nöthige bemerkt worden ist. Der Abschnitt „Farbhölzer" bietet uns Gelegenheit, einzelne Momente dieser Untersuchungsart vorzuführen.

Endlich muss der Untersucher auch über die vorhandenen Inhaltsstoffe sich orientiren. Zu diesen gehören zunächst Stärke, welche im Holzparenchym, im Mark und in den Markstrahlen am Ende der Vegetationsperiode abgelagert wird, ferner Gerbstoffe, Harze, ätherische Oele, Gummi u. s. w. Gerbstoffe werden mit Eisensalzen nachgewiesen, durch welche sie entweder blau oder grün gefärbt werden (eisenbläuende oder eisengrünende Gerbstoffe). Ausserordentlich häufig kommt das Calciumcarbonat[2]) vor, welches die Zellen

---

[1]) Vgl. die Note auf S. 159.

[2]) H. Molisch, Ueber Ablagerung von kohlensaurem Kalk im Stamme dicotyler Holzgewächse. Sitzungsber. der Wiener Akademie 1881, LXXXIV, S. 7—27. Die Hauptergebnisse dieser Untersuchungen sind: „Bei einer nicht geringen Anzahl von dicotylen Holzgewächsen wird im Stamme kohlensaurer Kalk abgelagert und zwar in der Regel im Kernholz oder an solchen Orten, wo die Zellen ähnliche chemische und physikalische Eigenschaften erkennen lassen,

und Gefässe vieler Laubbäume, wie der Rothbuche, des Ahorns, der Ulme u. a. ausfüllt. In sog. Kammerfaserzellen ist Calciumoxalat theils in Einzelnkrystallen, theils in Krystalldrusen ein oft auftretender Inhaltsstoff des Holzes.

Das Vorkommen der Stärke in den Speicherräumen des Holzes (Mark, Markstrahlen, Holzparenchym) kann unter Umständen für ein zu untersuchendes Holz von grossem Belange sein. In der Regel findet sich in der ersten Zeit der Vegetationsperiode keine Stärke, dagegen sind die genannten Gewebe im Herbst meist damit angefüllt. Es lässt sich daher unter Umständen auch beiläufig angeben, wann der Stamm gefällt worden ist. Besonders wichtig erscheint das Stärkevorkommen in Bezug auf die Dauerhaftigkeit des Holzes, hauptsächlich auf seine Widerstandsfähigkeit gegen den sog. Wurmfrass, der von den Larven verschiedener Holzinsecten verübt wird. Nach Emile Meer [1]) ist es nur die Stärke, die von diesen Larven aufgesucht und verzehrt wird. „Die Tanne, Fichte, Pappel und Linde sind im Winter gänzlich stärkefrei, daher im Winter zu fällen, weil sie vor dem Wurmfrass geschützt sind. Um das Eichenholz von der Stärke zu befreien, muss man den Stamm ringeln, und zwar doppelt ringeln, wodurch er nach einiger Zeit entstärkt ist.“ Ebenso soll die Roth- und Weissbuche behandelt werden. Hauptsächlich wird der Splint wurmstichig, das Kernholz ist gewöhnlich frei von Stärke.

Da für den technischen Mikroskopiker es sich hauptsächlich um die Erkennung und Feststellung einer Holzart handelt, so ist im Folgenden eine Zusammenstellung der wichtigsten Hölzer in Form eines analytischen Bestimmungsschlüssels [2]) gegeben, der schon zu-

---

wie sie dem Kernholze zukommen. Solche Orte aber sind 1. das vom Kernholz umschlossene Mark, 2. todtes, verfärbtes Wundholz und 3. todte, verfärbte Astknoten.“ — „Das Calciumcarbonat wird im Holze hauptsächlich in den Gefässen abgesetzt, häufig findet man auch einzelne von allen anderen Holzelementen mit dem genannten Kalksalze erfüllt.“ — Vergl. auch Wiesner, Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 1898, S. 65.

[1]) Emile Meer, Neue Untersuchungen über die Mittel, das Holz vor der Wurmthätigkeit zu bewahren. Annales agronomiques 1899, XXV, S. 16. (Ref. aus d Naturwiss. Rundschau.)

[2]) Autor in Lueger's Lexikon der gesammten Technik, Artikel Nutzhölzer, Band VI, S. 566. — Der Bestimmungsschlüssel ist hauptsächlich nach R. Hartig, Die anatomischen Unterscheidungsmerkmale der wichtigeren in Deutschland wachsenden Hölzer, 4. Aufl. München 1898, J. Moeller, Das Holz, Kassel 1883, und idem. Nutzhölzer in Dammer's Lexikon der Verfälschungen, Leipzig 1896, sowie nach eigenen Untersuchungen verfasst. Ferner wurden

meist die Bestimmung des Holzes mit der Lupe gestattet; wo dies nicht möglich ist, werden die mikroskopischen Merkmale in Kürze mitgetheilt. Zur Bestimmung ist ein genügend grosser und dünner Querschnitt nothwendig, der im auffallenden und durchfallenden Lichte zu beobachten ist. Die bekannten Nördlinger'schen Holzquerschnitte und die Burkart'sche Holzsammlung sind als ausgezeichnete Lehr- und Hilfsmittel sehr zu empfehlen.

C. Analytische Zusammenstellung und Beschreibung der wichtigsten Nutzhölzer (Bestimmungsschlüssel).

1. Nur aus Tracheïden . . . . . *Nadelhölzer* 2
   Nebst Holzfasern (Libriform) immer auch Gefässe (Poren) 9
2. Ohne Harzcanäle (Harzporen) oder diese nur sehr vereinzelt 3
   Mit Harzcanälen 7
3. Kein dunkelgefärbtes Kernholz, nur Reifholz *Abies*
   Mit deutlichem Kernholz 4

   1. *Abies alba Mill. (A. pectinata DC.).* Tanne, Weisstanne, Edeltanne. — Gelblich- oder röthlichweiss, Sommerholzzone dunkel, dicht, Frühjahrsholz weiss, weichschwammig, Jahresringgrenze sehr scharf. Harzgänge (Harzporen) fehlend oder nur sehr zerstreut, in manchen Jahresringen gar nicht vorhanden. Markstrahlen unkenntlich, Markstrahlzellen einerlei Art, nur mit einfachen (unbehöften) Poren versehen, diese das beste Unterscheidungsmittel gegenüber der Fichte (s. S. 167 und Fig. 111). — Weich, grob, glänzend, sehr leicht und vollkommen spaltbar, sehr harzarm, wirft sich mehr als Fichtenholz, ist etwas härter als dieses, trocken gehalten ausserordentlich dauerhaft. Wichtiges Brenn-, Bau-, Werk-, Möbel- und Geräthholz, Mastholz in der österr. Marine, zu Schindeln, gedrechselten und Schnittwaren, Möbelblindholz, radial bearbeitet vorzügliches Resonanzholz.

---

zu Rathe gezogen: A. Burgerstein, Vergleichend-histologische Untersuchungen des Holzes der Pomaceen. Sitzungsber. d. Wiener Akademie Band 104, Abth. 1, 1895, p. 723. — Idem, Weitere Untersuchungen über den histologischen Bau des Holzes der Pomaceen, nebst Bemerkungen über das Holz der Amygdaleen, a. a. O., Bd. 105, 1896, S. 552. — Erläuternder Text zu Burkart's Sammlung der wichtigsten europäischen Nutzhölzer. Brünn 1883.

4. Tracheïden stets spiralförmig verdickt, Höhe der Markstrahlen 0,22 mm, Kern braunroth bis fast bläulichschwarz . . . . . *Taxus*
Tracheïden nur behöft getüpfelt, niemals spiralig verdickt; Höhe der Markstrahlen meist 0,08 mm, selten bis 0,13 mm 5

2. Taxus baccata L.. Eibe, Rotheibe, Taxbaum, Yew. — Splint sehr schmal, ganz ungleich vertheilt, auf einer Seite fast gar nicht vorhanden. gelblichweiss, Kern dunkelbraunroth, wie schöner Mahagoni, Jahresringe sehr schmal, fein- und grobwellig, Sommerholzzone sehr dunkel. Harzgänge durchwegs und stets fehlend. — Das breite Spiralband der Tracheïden zieht als tertiäre Verdickung über die behöften Tüpfel. Tracheïden eng und stark verdickt; Holzparenchym fehlend (s. S. 165 und Fig. 109). Schwer, hart, wenig glänzend, schwer spaltbar, sehr dauerhaft, sehr elastisch und zähe (daher im Alterthum zu Armbrustbogen), gut zu beizen und zu poliren (deutsches Ebenholz nebst Birnbaumholz). Zu Fasshähnen (Pipen), Drechslerwaren, Bleistifthülsen; Rotheibenmaser von Stamm und Wurzel ausgezeichnet schön.

5. Holz durchwegs weiss oder mit sehr licht gelbbraunem Kern . . . . . *Cupressus*
Kern immer stark und dunkel, braun bis braunroth 6

3. Cupressus fastigiata DC., Gemeine Cypresse. — Dem Tannenholz ähnlich, aber viel dichter und homogener, der Kern deutlich, der Bau demjenigen des virginischen Wachholders nahestehend. Leicht, weich, leicht bearbeitbar, unter Wasser unbegrenzt dauerhaft. Bau- und Tischlerholz, zu Weinpfählen, zum Schiffbau.

6. Markstrahlzellen auf 1 qmm der Tangentialfläche (Fladerschnitt) im Mittel 230 . . . . . *Juniperus*
Markstrahlzellen auf 1 qmm im Mittel 160 . *Thuja*

4. Juniperus communis, Gemeiner Wachholder, Kronawetter). — Splint gelbweiss, Kern röthlichgelb bis gelbbraun. Jahresringe verschieden breit, meist stark grob- und feingewellt, durch eine sehr schmale röthlichbraune Sommerholzzone deutlich. Markstrahlen kenntlich, sehr dicht, nicht gerade verlaufend; Markstrahlzellen einerlei Art. Tracheïden viel enger und schmäler als bei Abies

und Pinus. — Weich, aber dicht, fest und zähe, schwerspaltig, von charakteristischem angenehmem Geruch, im Freien und Trockenen sehr dauerhaft, nicht dem Wurmfrass unterworfen. Zu kleinen Tischler-, Drechsler-, Marquetteriearbeiten, Peitschenstöcken, Wein- und Zaunpfählen. In alpinen Saisonorten (mit der faserigen Rinde) zu Galanteriewaren verarbeitet.

5. *Juniperus virginiana L.*, virginischer Wachholder, virginisches Cedernholz, red Cedar, Bleistiftholz. — Splint gelblich, Kern schön rosenroth bis braunroth. Jahresringe grobwellig, Jahresringgrenze fast purpurroth, Tracheïden stets breiter als beim gemeinen Wachholder, Markstrahlzellen mit bluthrothem Harze (s. S. 171 Fig. 115). Weich, leicht, leicht spaltbar, angenehm und dauerhaft riechend. Hochgeschätzt zu Bleistifthülsen. — Aehnlich gebaut: *Juniperus Bermudiana*, die Floridaceder.

6. *Thuja occidentalis*, amerikanischer Lebensbaum, weisses, kanadisches Cedernholz. — Splint gelblichweiss, Kern hellbraun, Jahresringe grob- und feinwellig, Markstrahlen kenntlich, aber doch stärker als bei Juniperus. Weich, schwerspaltig, dauerhaft, durch den kampferartigen Geruch sehr ausgezeichnet. Zu feineren Tischlerarbeiten.

7. (2) Alt- und Jungholz gleich hell gefärbt „Reifholz“ . . . . . *Picea*
   Mit dunkelgefärbtem Kernholz 8

7. *Picea excelsa Link.*, Fichte, Rothtanne. — Dem Tannenholz sehr ähnlich, durch die reichlichen, am frischen glatten Querschnitt sichtbaren Harzporen (im Längsschnitt als zarte fein geritzte Linien) und durch die Markstrahlzellen leicht zu unterscheiden; letztere sind zweierlei Art: im Innern des Markstrahles Parenchymzellen mit einfachen Poren, am oberen und unteren Rande des Markstrahles Quertracheïden mit kleinen behöften Tüpfeln (s. S. 168 und Fig. 110, 112). — Gelblich- bis röthlichweiss, weich, grob, glänzend, sehr leicht spaltbar, harzig riechend, dauerhafter als Tannenholz. Wichtiges Brenn-, Bau- und Nutzholz; Balken-, Stütz-, Sägeholz; als Blindholz, zu feinem Getäfel; engringige Sorten von Böhmen als Resonanzholz vorzüglich brauchbar.

8. Zweierlei Markstrahlzellen: Aeussere Zackenzellen

mit zickzackförmigen Verdickungen; Kernholz erst beim Trocknen sich verfärbend, Aeste im Quirl, daher im Brett deutlich nach den Jahrestrieben angeordnet . . . . . *Pinus*

Zweierlei Markstrahlzellen: Aeussere Zellen behöft getüpfelt (Quertracheïden, wie bei Picea), innere einfach porös; Kern schon im frischen Zustande dunkel (braun); Aeste im Brette ganz regellos auftretend . . . . . *Larix*

Markstrahlzellen wie bei Larix, aber Kern rosenroth . . . . . *Pseudotsuga Douglasii Carr.*

Pinus, Kiefer, Föhre, Fackelföhre, Fackelbaum. — Die einzelnen Arten schwierig von einander zu unterscheiden.

a. Sommerholzzone breit, ziemlich scharf gegen das Frühlingsholz nach innen abgegrenzt.

8. *Pinus silvestris L.*, Gemeine Kiefer, Weissföhre, Föhre. Splint sehr breit, gelblich bis röthlichweiss, Kern frisch ebenso, beim Trocknen bräunlichroth werdend; Markdurchmesser 4 mm. Innere Markstrahlzellen auf der Radialseite meist mit einer Reihe grosser Lochtüpfel. Harzporen sehr zahlreich, hauptsächlich in der Mitte und im letzten Drittel des Jahresringes (Sommerholzzone), oft in einer zusammenhängenden Linie, im Fladerschnitt breite gelbe Streifchen bildend (s. S. 169 und Fig. 103, 105, 113). Weich, leichtspaltig, grob, etwas glänzend, unter dem Hobel leicht einreissend, stark harzig duftend, ausgezeichnet dauerhaft, Bau-, Sägeholz; zu Brunnenröhren, zu grossen Schiffsmasten das beste Holz, als Tischlerholz minder beliebt.

9. *Pinus nigra Arnold* (= *P. nigricans Host* = *P. pinaster L. austriaca Höss* = *P. Laricio var. austriaca Aut.*), Schwarzföhre. — Holz von dem der vorigen Art nur sehr wenig verschieden. Splint sehr breit, Jahresringe sehr breit, Harzporen weit weniger zahlreich, sehr zerstreut, hauptsächlich im letzten Drittel des Jahresringes auftretend, aber gross und stets braun berandet, am Fladerschnitt braune Streifchen bildend. Oft stark verharzend (verkienend). Eines der dauerhaftesten Bau- und Werkhölzer zu Wasserbauten und Schwellen (fast gleich dem Lärchenholz), sehr gut zu Schindeln.

10. *Pinus montana Mill.* (= *P. Pumilio* Hänke), Legföhre, Krummholzkiefer, Legge, Latsche, Knieholz. Holz dem der gemeinen Kiefer gleich, Jahresringe weit schmäler, excentrisch; schwerspaltig. Verwendung gering, hauptsächlich als Brennholz.
11. *Pinus strobus L.*, Weymouthkiefer. — Splint weiss oder gelblichweiss, Kern röthlichgelb oder bräunlich, oft lichter als gemeines Kiefernholz, Harzporen wie bei diesem zahlreich und ebenso vertheilt, aber meist einzeln, am Fladerschnitt daher sehr schmale gelbe Streifchen bildend. Aeussere Markstrahlzellen wie bei der Zierbelkiefer (weniger Zacken- als Porenzellen). Weich, leicht, ziemlich fein, leichtspaltig, leichter zu bearbeiten, aber brüchiger als Föhrenholz, übrigens nach dem Ursprung sehr verschieden. Dient als Schiff-, Hochbau-, Blind-, Schnitz-, Böttcherholz.
12. *Pinus australis Mich.*, amerikanische Harzkiefer, Pitch pine, Pechkiefer. (Ebenso heissen auch *Pinus rigida Mill.* und *Pinus ponderosa Dougl.*, die auch im Baue mit einander und mit der Weihrauchkiefer [Pinus Taeda] übereinstimmen). — Kern infolge des überaus reichen Harzgehaltes dunkelbraun, Sommerholz fast schwärzlichbraun und höchst scharf von der Frühjahrsholzzone abgegrenzt; hart, schwer, speckig aussehend, sehr dicht, polirt stark fettig glänzend, an manchen Stellen auffallend durchscheinend. Höchst dauerhaft zu Wasserbauten, zu Bestandtheilen der Eisenbahnwaggons.
13. *Pinus Taeda L.*, nordamerikanische Weihrauchkiefer. — Splint schmal, Kern tief braun, wie voriges sehr stark verharzend. Das Holz dieser und der vorigen Föhrenarten (Nr. *12*) unterscheidet sich von dem unserer einheimischen dadurch, dass die inneren Markstrahlzellen auf der Radialseite zumeist mit Gruppen von 2—6 (meist 4) Lochtüpfeln besetzt sind. Vorzügliches Bauholz.

b. Sommerholzzone schmal, ohne scharfe Grenze allmälig in die Frühlingsholzzone nach innen übergehend.

14. *Pinus Cembra L.*, Zirbelkiefer, Zirmholz, Arve. — Splint gelblichweiss, Kern rothbraun (frisch wie der Splint), Jahresringe höchst gleichmässig verlaufend, Harzporen gross, zahlreich, einzeln, in der Regel nahe oder in der

Sommerholzzone, im Fladerschnitt kräftige Streifchen bildend. Bau der Markstrahlzellen von dem Pinus-Typus etwas abweichend: die äusseren Markstrahlzellen meist nur kleintüpfelig und nur hie und da mit Zacken (s. S. 169). Reichlich mit Tangentialtüpfeln versehen (Fig. 114). Weich, eines der leichtesten Hölzer, leichtspaltig, fein, schwindet wenig, nimmt schöne Politur an, riecht kräftig; vorzügliches Tischlerholz (Sommer- und Villamöbel), ausgezeichnetes Schnitzereiholz (Tiroler Skulpturen), wird auch zu Schindeln verarbeitet.

15. *Larix decidua Mill.* (= *L. europaea DC.*), Lärche. Ueber die Unterscheidung vom Fichtenholz s. die Tabelle S. 174. — Splint gelblichweiss, Kern schon frisch rothbraun, Aeste regellos, Sommerholzzone breit, am Radialschnitt stark glänzend, Mark sehr wenig entwickelt. Harzporen sehr zahlreich, nicht selten in Gruppen, am Längsschnitt in sehr zarten schmalen Strichelchen. Weich, grob, spröder als Föhre, leichtspaltig, im Trockenen, an der freien Luft und in Wasser gleich ausgezeichnet dauerhaft. Für Wasser- und Grubenbauten, Schiffsbau, zu Dachstühlen, Böttcherei, Schindeln, Möbeln, Schwellen, auch für mächtige Maschinentheile.

16. *Pseudotsuga Douglasii*, Douglastanne. — Dem Lärchenholze sehr ähnlich, Splint schmal, Kern rosenroth, Sommerholzzone an breitringigem Holze besonders stark entwickelt. Wird wie Lärchenholz verwendet[1]).

9. (1) Holz der Dicotyledonen: Alle Holztheile um ein centrales Mark gelagert 10
   Stamm der Monocotyledonen: Gefässbündel im Grundgewebe zerstreut 50
10. Echte Jahresringe, meist schon mit freiem Auge, selten erst unter Vergrösserung sichtbar (zumeist die Laubhölzer der gemässigten Zone) 11
    Echte Jahresringe fehlend, nur undeutlicher Ringbau oder scheinbare Jahresringe vorhanden (die meisten exotischen Laubhölzer) 41

[1]) Ausser den hier angeführten Coniferenhölzern sind noch viele andere in den betreffenden Heimathländern in Verwendung; so die Himalajaceder, Cedrus Deodara Lond., die Alerze, die theils von Fitzroya patagonica Hook. f., theils von Libocedrus tetragona Endl. (Chile) abgeleitet wird, der Gingkobaum, Salisburya adiantifolia u. a. m.

11. In der Frühjahrszone bilden zahlreiche, meist eng an einander schliessende Gefässe einen Porenring: Ringporige Hölzer (im weiteren Sinne) (Vergl. Fig. 126) 12
Die Gefässe im ganzen Jahresring mehr oder weniger gleichmässig vertheilt. Zerstreutporige Hölzer 25
12. Die ersten (Porenring-)Gefässe auffallend grösser als die späteren des Jahresringes (des Sommmerholzes): Ringporige Hölzer (im engeren Sinne) 13
Die ersten (Porenringe) Gefässe nicht grösser als die späteren des Jahresringes, aber sehr zahlreich, eng anschliessend, die Frühjahrsholzzone daher locker, schwammig und hell 22
13. Gefässe ausserhalb des Porenringes gleichmässig zerstreut oder nur an der Aussengrenze zu kurzen, schief oder tangential verlaufenden Wellenlinien vereinigt 14
Gefässe ausserhalb des Porenringes zu langen, deutlich tangential verlaufenden, zu einander parallelen, mitunter etwas verzweigten Wellenlinien oder Bändern vereinigt 19
Gefässe ausserhalb des Porenringes zu radial verlaufenden, oft auch verzweigten Gruppen vereinigt 20
14. Markstrahlen deutlich oder nur kenntlich (mit der Lupe gut zu beobachten) 15
Markstrahlen unkenntlich, Kernhölzer. . . . 18
15. Jahresringe breit, der Porenring nicht scharf abgegrenzt, allmälig in die Sommerholzzone übergehend 16
Jahresringe breit oder schmal, der Porenring scharf von der dichten, klein- oder wenigporigen Sommerholzzone abgegrenzt 17
16. Holz im Allgemeinen lichter, Sommerholzzone sehr reich an Poren, diese an der Peripherie (des Jahresringes) zu kurzen deutlichen Wellenlinien vereinigt . . . . . *Ailanthus*
Holz im Allgemeinen dunkler, Sommerholzzone arm an Poren, diese gross, einzeln stehend oder zu 2—3 vereinigt und dann häufig radial gestellt, an der Peripherie nicht zu Wellenlinien vereinigt *Cedrela*

17. Ailanthus glandulosa Desf., Götterbaum. — Splint gelblich, Kern grauorangefarbig, Mark gross. Gefässe nach aussen immer kleiner werdend, offen, im Sommerholz meist zu mehreren, meist 3—4, vereinigt; die äussersten zu kurzen Linien verbunden. Schwer, hart, schwerspaltig, atlasglänzend, im Trockenen dauerhaft, öfters mit scheinbarem Mondring; sehr gutes Tischlermaterial und zu Galanteriegegenständen.

18. Cedrela odorata L., Cigarrenkistenholz, Zuckerkistenholz Cedernholz von Havanna, spanisches Cedernholz, acajou femelle. — Kern zimmtbraun, etwas rostrothbraun nachdunkelnd, am Tangentialschnitt polirt fast goldgelb schimmernd. Die grossen Gefässe des Porenringes in sehr lockerem Holzgewebe, Markstrahlen fast wellenförmig verlaufend. Durch den charakteristischen aromatischen Geruch gut gekennzeichnet. Weich, leicht, leicht- aber ungleichmässig-spaltig; zu Cigarren- und Zuckerkisten, als Surrogat für Mahagoni. Auch andere *Cedrela*-Arten werden ebenso verwendet.

17. Kern gelbbraun, Porenring sehr breit, wenn auch ein allmäliger Uebergang angedeutet ist, so doch deutlich vom Sommerholz abgesetzt, Poren offen *Morus* [1])

Kern grünlichgelbbraun, Porenring meist schmal in den weiten Jahresringen, in schmalen dagegen mit dem Sommerholz gleich breit. Poren nach aussen zu peripherischen Linien vereinigt, meist durch Thyllen (Füllzellen) verstopft . . . *Robinia*

Kern rothbraun, Porenring einreihig, Markstrahlen kenntlich und unkenntlich (s. Nr. *44*) . . . *Tectona*

19. Morus alba L. Weisser Maulbeerbaum. — Splint schmal, gelbweiss, Kern gelbbraun, mit der Zeit stark nachdunkelnd. Schwer, hart, glänzend, sehr schwerspaltig, dauerhaft. Tischlerholz, zu Mosaik- und Galanteriearbeiten, Weinstöcken.

---

[1]) Die meisten Autoren geben an, dass der Porenring nicht scharf abgesetzt sei, sondern allmälig in das Sommerholz übergehe. Wenn man aber Morus mit Ailanthus vergleicht, so wird man den auffälligen Unterschied beobachten können. Es ist allerdings ein allmäliger Uebergang vorhanden, er fällt aber wegen der viel geringeren Grösse und Zahl der Sommerholzporen nicht ins Auge.

20. Morus nigra L. Schwarzer Maulbeerbaum. — Dem vorigen gleich; häufig mit Schäden (Ringschäle) behaftet. Poren mitunter verstopft. Verwendung wie Nr. *19.*

21. Robinia pseudacacia L. Unechte Akazie, Robinie. — Splint sehr schmal, gelblich, Kern grünlichgelbbraun. Hart, sehr schwerspaltig, Stammholz elastisch, Astholz brüchig, sehr dauerhaft, nimmt schöne Politur an. Zu Bauzwecken, Pfosten, Pfählen, Speichen, Bolzen, zu Branntweinfässern, schönes Drechslerholz.

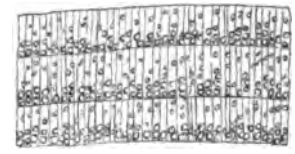


Fig. 126. Fraxinus excelsior, Esche. Querschnitt, Lupenbild. Ringporig, Porenring breit, dessen Poren gross, Sommerholz kleinporig, Poren desselben zu kurzen, einreihigen, tangential und schief verlaufenden Gruppen vereinigt.

18. (14) Porenring breit, Poren desselben gross, Sommerholzzone kleinporig, scharf abgetrennt. Poren derselben zu 3—4 zu kurzen, dichtgestellten, einreihigen, tangential und schief verlaufenden Gruppen vereinigt . . . . . *Fraxinus*
Porenring sehr schmal, fast nur einreihig, im Sommerholz zahlreiche feine tangentiale Linien *Carya.*

22. Fraxinus excelsior L. Gemeine Esche (Fig. 126). — Splint gelblichweiss, Kern hellbraun, zwischen beiden helleres Reifholz. Holz im Längsschnitt auffällig breitstreifig (breiter, scharf abgegrenzter Porenring), Mark gross. Schwer, hart, glänzend, schwerspaltig, fest, zähe, biegsam, gut polirbar, wirft sich wenig, im Freien und im Boden ohne Dauer. Ausgezeichnetes und schönes Tischler-, Drechsler-, Wagnerholz, zu Dielen und Brettern, Deichseln, Wagengestellen, Wänden der Eisenbahnwaggons, zu landwirthschaftlichen Geräthen (Leitern, Rechen, Reifen, Gabeln), Lanzenschäften, Axtstielen, Hopfenstangen, Peitschen- und Spazierstöcken. Besonders geschätzt der Eschenmaser zu Fournieren.

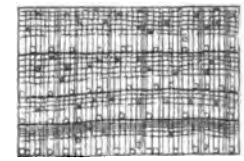


Fig. 127. Carya sp. Hickorybaum. Querschnitt, Lupenbild. Porenring sehr schmal, mit sehr grossen Poren in einer Reihe, im Sommerholz sehr kleine Poren und zahlreiche feine tangential laufende Linien von Holzparenchym.

23. Carya porcina Nutt. (und andere *Carya*-Arten), Hickorybaum (Fig. 127). — Splint gelblichweiss, Kern bräunlich,

an Eichenholz erinnernd. Poren des Porenringes [1]) sehr gross, im Sommerholz zahlreiche lichte, feine, peripherische, zu einander parallele Linien von Holzparenchym, bilden mit den feinsten Markstrahlen ein zierliches Netzwerk. Sehr schwer, hart, elastisch, zähe, biegsam und dauerhaft; ausgezeichnetes Wagnerholz, als Bauholz nicht zu verwenden.

19. (13) Kernreifhölzer. Splint gelbweiss, Reifholz röthlich, Kern braun, Porenring verhältnissmässig breit mit grossen Poren, ziemlich scharf abgegrenzt, die Wellenlinien im Sommerholz dicht, zahlreich, bänderartig . . . . . *Ulmus*

Splint breit, weissgelb bis weiss, Kern graubräunlich, Porenring verhältnissmässig schmal, meist nur 1—2reihig, die Poren im Sommerholz weniger dicht zu Linien verbunden, in der Mitte der Jahresringe oft unregelmässig zerstreut, nur an der Peripherie zu schmalen, mitunter verzweigten Bändern verbunden . . . . . *Celtis*

Porenring breit, alle Arten Markstrahlen, s. Quercus Cerris (Nr. *29*).

24. Ulmus campestris L. (*U. campestris* α. *glabra* und β. *suberosa*), Feldulme, Feldrüster (Fig. 128). — Splint schmal, gelbweiss, Kern braunroth; Wellenlinien im Sommerholz von einfachen Porenreihen gebildet, diese häufig unterbrochen (Hartig). Schwer, hart, fest, elastisch, sehr zähe, schwerspaltig, sehr dauerhaft, häufig maserwüchsig. Ausgezeichnetes Wagnerholz zu Naben, Felgen, gebogenen Wagentheilen, besonders zu Kanonenlafetten, der prächtige Ulmenmaser (von Kopfulmen) zu Flintenschäften und als Drechslerholz (für Pfeifenköpfe).

25. Ulmus effusa Willd., Flatterulme, weisser Rüster, Flatterrüster. — Mit breiteren bandartigen Wellenlinien im Sommerholz, Gewebe daher lockerer als bei voriger. Ist weniger werthvoll als Feldulme, die Maserbildungen sind geschätzt.

---

[1]) Eigentlich ist die Gefässvertheilung nahezu dieselbe wie bei Juglans (s. Nr. 45). Der scheinbare Porenring bei Carya entsteht dadurch, dass die Poren der Frühlingszone grösser, die des Sommerholzes mit freiem Auge unsichtbar sind.

26. Celtis australis L., Zürgelbaumholz, Triester Holz. — Splint breit, fast weiss, Kern graubräunlich, Sommerholzporen sehr klein, weniger dicht als bei der Ulme zu Linien verbunden, diese oft zackig; Sommerholz daher sehr dicht. Hart, grobfaserig, schwer, schwerspaltig, elastisch und durch die höchste Zähigkeit ausgezeichnet. Daher unübertreffliches Material für Peitschenstiele, Ruder, Wagendeichseln, Blasinstrumente, Angelruthen. — Noch dichteren Bau hat die nordamerikanische *Celtis aspera Desf.*

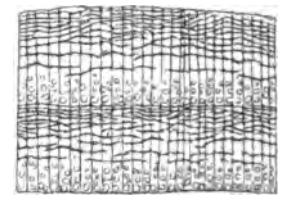


Fig. 128. Ulmus campestris, Feldulme. Querschnitt, Lupenbild. Ringporig, Porenring breit mit grossen Poren, scharf abgegrenzt, Gefässe ausserhalb des Porenringes zu langen, deutlich tangential verlaufenden, mitunter verzweigten Wellenlinien vereinigt.

20. (13) Alle Arten von Markstrahlen, deutliche, kenntliche und unkenntliche, vorhanden *Quercus*
Alle Markstrahlen unkenntlich . . . . *Castanea*
Alle Markstrahlen deutlich (auffallend breit). . 21

27. Quercus robur L. (*Qu. pedunculata Ehr.*), Stiel- oder Sommereiche[1]). — Die bei uns verwendeten Eichenhölzer sind von anderen Hölzern schon mit freiem Auge leicht zu unterscheiden und an dem Ringe sehr grosser Poren, an den hellen, sehr breiten Markstrahlen und der eigenthümlichen hellgraubraunen Farbe zu erkennen. Dagegen ist die Unterscheidung der einzelnen Eichenholzarten, das Holz der Zerreiche ausgenommen, schwierig. Das Holzparenchym (mit sehr kleinen Gefässen) bildet erstens radial angeordnete, mitunter gegabelte, scharf hervortretende Schwänzchen und zweitens tangential verlaufende, viel schwächere, zarte, aber deutlich wahrnehmbare Wellenlinien (Fig. 129).

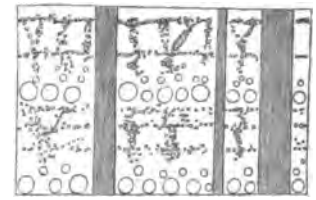


Fig. 129. Quercus Robur (= Qu. pedunculata). Stieleiche, Querschnitt, Lupenbild. Ringporig, Porenring mit sehr grossen Poren, scharf gegen das Sommerholz abgesetzt, Holzparenchym in radialverlaufenden Schwänzchen und tangentialen Wellenlinien. Markstrahlen breit, deutlich.

[1]) Abromeit, Ueber die Anatomie des Eichenholzes. Königsberger Dissert., Berlin 1883.

28. Quercus sessiliflora Salisb., Traubeneiche, Steineiche, Wintereiche. — Die radialen Holzparenchymschwänzchen sind lang und schmal entwickelt, die tangentialen Linien oft nicht wahrzunehmen; als ein besonderes Kennzeichen wäre anzugeben, dass die Gefässe des Porenringes sich noch weit in die Holzparenchymzüge hinein erstrecken, der Porenring daher gegen das Sommerholz viel weniger scharf abgegrenzt ist, als bei der Stieleiche. (Dieses Verhältniss ist auch von anderen Autoren angegeben, aber an den Holzarten offenbar verwechselt.)

29. Quercus Cerris L., Zerreiche, österreichische Eiche. — Weicht von vorigen insofern ab, als die radialen Züge des Holzparenchyms nur höchst vereinzelt auftreten, dagegen die tangentialen als parallele, ziemlich starke Bänder entwickelt sind. Im analyt. Schlüssel gehörte diese Holzart eigentlich zu 19 (nach *Celtis*). — Das Kernholz der Stiel- und Traubeneiche gehört zu den dauerhaftesten aller Hölzer, sowohl im Wasser wie im Boden und Trockenen, sehr hart, schwer, leicht- und ziemlich glattspaltig, grob, das vornehmste Eisenbahnschwellenholz, zu Maschinenbestandtheilen, Pochstempeln in Oelmühlen und Pochwerken, zu massiven Möbeln, als Blindholz, zu Parketten, Weinfässern, Maischbottichen, Waggonbestandtheilen; helles, langfaseriges, mit breiten Jahresringen (aber schmalem Porenkreis!) versehenes Eichenholz ist vorzüglich zum Schiffbau geeignet.

30. Castanea vesca Gärtn., Edelkastanie. — Dem Eichenholz sehr ähnlich, aber durch den Mangel deutlicher und selbst kenntlicher Markstrahlen sofort zu unterscheiden. Etwas hart, leichtspaltig, in Wasser, besser im Trockenen dauerhaft; zu Dachstühlen, Wasserbauten, Fassdauben, Weinpfählen und Fassreifen (ausgezeichnet), zu Möbeln aus gebogenem Holze.

21. Gefässe sehr gross, der ganze Jahresring bis auf eine schmale Herbstzone gross- und reichporig; Holz nicht auffallend gefärbt (vergl. Fig. 121—122) *Vitis*
Porenring sehr schmal, Splint citronengelb, Kern bläulichroth . . . . . *Berberis*

31. Vitis vinifera L., Weinrebe. — Meist nur Kleinholz; Mark sehr gross. Biegsam, sehr elastisch, leicht, aussen faserig; zu Spazierstöcken.

32. Berberis vulgaris L., Sauerdorn, Berberitze, Weinscharl. — Durch die Farbe und den unangenehmen Geruch des frischen Holzes sehr gut gekennzeichnet. Zu kleinen Schnitzereien, als Farbstoffmaterial (besonders das Wurzelholz).

22. (12) Markstrahlen deutlich oder kenntlich (aber immer scharf); Gefässe im Sommerholz gleichmässig zerstreut 23
Markstrahlen unkenntlich, Kern häufig auffällig gefärbt 24

23. Mark bis 10 mm im Durchmesser, Holz gelblichweiss, Markstrahlen sehr deutlich . . . *Sambucus*
Mark klein, Kern rothbraun bis schwarzbraun. *Holz der Amygdaleen, Steinobstbäume (Prunus)*

33. Sambucus nigra L., Hollunder, schwarzer Holler. — Die breiten, zahlreichen Markstrahlen, die helle Farbe des Holzes sehr charakteristisch. Hart, fest, wirft sich stark, zu Drechslerwaren und Kämmen.

34. Prunus domestica L., Zwetschgenbaum, Pflaumenbaum. — Die *Prunus*-Hölzer sind einander sehr ähnlich und schwierig zu unterscheiden. — Von den Kernobsthölzern, denen sie ebenfalls ähnlich sind, lassen sie sich durch den Porenring aus einander halten, welcher den letzteren fehlt. Splint schmal, gelblichweiss, Kern braunroth (ein dünner Schnitt im durchfallenden Licht blutroth), Jahresringe wellig, Porenring heller, nicht scharf abgegrenzt, sondern in das Sommerholz allmälig übergehend, Markstrahlen deutlich und kenntlich, sehr enge, sehr zahlreich, den Radialschnitt theils feldernd (wenn sie kurz sind), theils breit wellenförmig zeichnend; hart, schwer, nicht dauerhaft, gutes Tischler- und Drechslerholz.

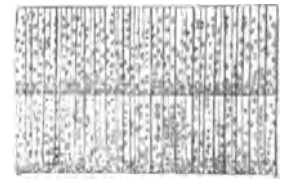


Fig. 130. Prunus avium, Kirschbaum. Querschnitt, Lupenbild. Ringporig, die ersten (Porenring-)Gefässe nicht grösser, als die späteren des Jahresringes, zahlreich, sehr enge an einander schliessend, der Porenring allmälig in das Sommerholz übergehend. Markstrahlen sehr zahlreich, nur kenntlich und unkenntlich.

35. Prunus insititia L., Kriechen-, Pflaumenholz. — Dem vorigen ähnlich, aber dichter, Markstrahlen nur kenntlich.

36. Prunus avium L., Kirsche (Fig. 130). — Splint röthlich-

weiss, Kern hellgelbbraun, Jahresringe breit, fast nicht wellig, Markstrahlen nur kenntlich und unkenntlich, erstere licht, ungleichmässig vertheilt, alle Poren sehr klein, der Porenring allmälig in das Sommerholz übergehend. Etwas weniger hart und schwer, leicht spaltbar.

37. *Prunus Cerasus L.*, Weichsel. — Jahresringe schmäler als bei Kirsche, Porenring ein lichter, schmaler Streifen, im Uebrigen dem Kirschholz gleich.

38. *Prunus Mahaleb L.*, Türkische oder Badner Weichsel. — Splint röthlichweiss, Kern hellbraun, dunkelt stark nach, Porenring breit. Ausgezeichnet durch den angenehmen Geruch nach Kumarin. Zu Pfeifenrohren, Spazierstöcken, Galanteriewaren.

39. *Prunus armeniaca, L.*, Aprikose, Marille. — Von der vorigen unterschieden durch den ziemlich scharf abgegrenzten Porenring, die grösseren Poren und die fast deutlichen Markstrahlen. Kern mahagonibraun. Sehr ähnlich ist auch das Holz vom Mandelbaum, *Amygdalus communis L.*

40. *Prunus Padus L.*, Traubenkirsche, Alexenbaum. — Kern braungelb, Jahresringe breit, Markstrahlen kenntlich, ziemlich gleich stark. Sehr dicht, hart, gut polirbar.

24. Kern orangeroth oder gelbroth; Gefässe so klein, dass sie kaum mit der Lupe zu sehen . . . . . *Rhamnus*
Kern goldgelb; wird, mit Kalilauge betupft, karminroth, mit Salzsäure zinnoberroth; Gefässe mit der Lupe deutlich . . . . . *Cotinus coggygria Scop.*
Kern rothbraun, Splint schmal, hellbraun, Poren ausser dem Porenring einzelstehend, oft mit Stopfzellen und Harz erfüllt. . . . . *Tectona*

41. *Rhamnus cathartica L.*, Kreuzdorn. — Splint sehr schmal, gelblich oder grünlichgelb, Kern orangeroth, Längsschnitt durch den hohen Seidenglanz ausgezeichnet. Querschnitt: der Porenring hell, sehr deutlich, die Gefässe ausserhalb desselben zu lichten, hin- und hergebogenen, mit einander verbundenen Bändern und Linien vereinigt, der Schnitt „geflammt“ (Hartig). Ziemlich hart, schwer, dauerhaft, zu Drechslerwaren.

42. *Rhamnus frangula L.*, Faulbaum, Pulverholz. — Splint hellgelb, Kern gelbroth; die Gefässe ausserhalb des Poren-

ringes zerstreut, höchst klein, Porenring weit weniger scharf. Fast weich, leicht spaltbar, meist zu Schiesspulverkohle verwendet.

43. Cotinus coggygria Scop. (*Rhus Cotinus L.*), Perrückenstrauch, Fisetholz, Junger Fustik, ungarisches, Triester Gelbholz, Fustelholz. — Splint schmal, weiss, Kern goldgelb, häufig mit abwechselnd gelben und gelbgrünen Jahresringen. Poren mit der Lupe deutlich; vom Porenring ziehen kleine, radial oder schief laufende, helle Streifchen zur Peripherie. Mässig hart, gut spaltbar, stark glänzend, als Farbmaterial verwendet. S. Farbhölzer und Fig. 137 auf S. 224.

44. Tectona grandis, Teakholz aus Ostindien, das beste Schiffsbauholz; Splint hellbraun, Kernholz rothbraun, sehr stark nachdunkelnd, mit breiten und viel schmäleren, feinwelligen Ringzonen; letztere zumeist zu mehreren auf einander folgend. Porenring sehr scharf, licht, fast nur einreihig, Grenzlinie des Jahresringes sehr dicht, dunkelbraun bis schwärzlich, das Holz zwischen diesen gleichförmig braun. Einzelne Poren auffallend gross, viele verstopft, am Radialschnitt starke Furchen bildend. Markstrahlen kenntlich, hell, dazwischen noch unkenntliche, viele nicht gerade, sondern mit kleinen Ausbiegungen verlaufend. Wegen des fast nur einreihigen Porenringes, dessen Poren meist grösser sind und nicht enge an einander schliessen, kann das Holz auch zu den ringporigen Hölzern im engeren Sinne (12) gerechnet werden. — An frischer Schnittfläche unangenehm riechend. (Die Beschreibung nach einem von Professor H. Greenish in London freundlichst eingesandten Originalmuster.)

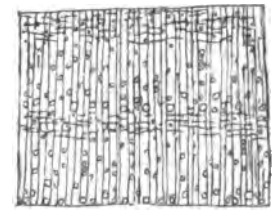


Fig. 131. Juglans regia, Nussholz. Querschnitt, Lupenbild. Zerstreutporig, die ersten Poren sehr gross (aus mehreren Gefässen bestehend), offen, ziemlich sparsam, die übrigen im Jahresring gleich gross, nur an der Peripherie kleiner werdend. Im Sommerholz sehr feine Querlinien von Holzparenchym. — Andeutung zur Ringporigkeit, die bei Carya noch viel stärker hervortritt.

25. (11) Poren sehr gross, mit freiem Auge wahrnehmbar, offen, ziemlich sparsam; Andeutung zur Ringporigkeit; Kern tiefbraun, schwärzlich gewässert . *Juglans*
Gefässe mit freiem Auge nicht wahrnehmbar . . 26

45. Juglans regia L., Wallnussbaum, Nussholz (Fig. 131). —

Splint breit, grauweiss, Kern braun, schwärzlichbraun, mit schwärzlichen Linien und Streifen gezeichnet („gewässert"). Die auffallend grossen Poren sind aus mehreren radial gestellten Gefässen zusammengesetzt; die übrigen im Jahresring ziemlich gleich gross, nur an der Peripherie klein werdend. An sehr breiten Jahresringen bilden die ersten Frühlingsporenreihen eine Art Porenring. Im Sommerholz sehr feine Querlinien, mit den Markstrahlen ein zartes Netz bildend. Schwer, hart, leichtspaltig, im Trocknen sehr dauerhaft, schön polirbar, ausgezeichnetes Möbelholz, zu Drechslerwaren und Gewehrschäften.

46. Juglans nigra L., schwarze Wallnuss, amerikanisches Nussholz. — Dem vorigen fast gleich, aber nur schwarzbraun; Gefässe sparsamer.

26. Alle Markstrahlen deutlich, fast gleich breit, sehr zahlreich . . . . . *Platanus*
Markstrahlen anders entwickelt 27

47. Platanus occidentalis L., Amerikanische Platane. — Röthlichweiss (wie Rothbuche), Jahresringe verschieden breit, Grenzzone eine sehr schmale, im durchfallenden Lichte dunkle Linie, an den Markstrahlen etwas ausgebogen. Die breiten Markstrahlen enge beisammen stehend, glänzend, das dazwischen liegende Gewebe an Breite wenig verschieden. Wegen der zahlreichen Markstrahlen der Radialschnitt besonders stark glänzend. Poren klein, im ganzen Jahresring gleichmässig vertheilt. Hart, schwer und splitterig spaltbar, im Freien wenig dauerhaft, hauptsächlich in der Tischlerei und zu Galanteriewaren verarbeitet.

27. Markstrahlen ungleich entwickelt: einzelne Markstrahlen deutlich oder scheinbar deutlich, die übrigen zumeist unkenntlich 28
Alle Markstrahlen (im auffallenden Lichte) kenntlich, sehr fein, gleichartig entwickelt 30
Alle Markstrahlen (im auffallenden Lichte) unkenntlich (bei Betula fast kenntlich) 31

28. Zellgänge niemals vorhanden 29
Zellgänge vorhanden . . . . . *Alnus*
(wenn keine Zellgänge sichtbar, so ist Alnus durch die dunkle Farbe des Holzes (nur Splintholz) von Car-

pinus, durch die viel breitere dunkle Sommerholzzone von Fagus zu unterscheiden.)

48. Alnus glutinosa L., Schwarzerle, Schwarzeller. — Splintholz, röthlichgrau, häufig mit dunkelbraunen Zellgängen. Jahresringgrenze oft nicht sehr deutlich, breite Markstrahlen theils deutlich, theils scheinbar deutlich (und sich dann verlierend), am Tangentialschnitt durch ihre enorme Höhe auffallend. Gefässe sehr klein, im Allgemeinen radial gestellt. Weich, leicht, leichtspaltig, unter Wasser sehr dauerhaft, brüchig; zu Wasser- und Grubenbau, als Drechslerholz zu Knöpfen, Einlegearbeiten, Holzschuhen, zu billigen Bleistiftfassungen; Erlenmaser zu Pfeifenköpfen.

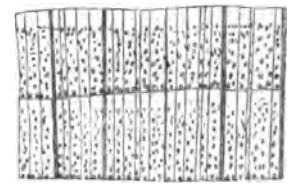


Fig. 132. Fagus sylvatica, Rothbuche. Querschnitt, Lupenbild. Zerstreutporig, breite Markstrahlen deutlich, die Jahresringgrenze ein schmaler (gefässloser) Streifen.

49. Alnus incana L., Grau- oder Weisserle, Weisseller. — Breite Markstrahlen viel weniger häufig, Zellgänge meist fehlend; im Uebrigen dem vorigen gleich.

29. Die breiten Markstrahlen deutlich (echt), Holz röthlich . . . *Fagus*
Die breiten Markstrahlen scheinbar deutlich, Holz weiss *Carpinus*

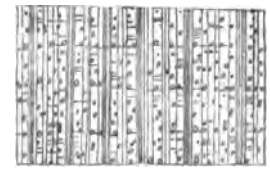


Fig. 133. Carpinus betulus., Weissbuche. Querschnitt, Lupenbild. Zerstreutporig, Gefässe mit freiem Auge nicht wahrnehmbar, die breiten Markstrahlen unecht, scheinbar deutlich; Ringgrenze schmal; sehr zarte Querstreifen von Holzparenchym.

50. Fagus sylvatica L., Rothbuche (Fig. 132). — Von einigen als Kern-Reifholz, von anderen nur als Splintholz bezeichnet; jedenfalls ist der Charakter des ersteren nicht deutlich ausgesprochen. Farbe des Holzes charakteristisch röthlichweiss. Jahresringgrenze ein schmaler, dunkler Streifen, im übrigen Ringtheil die Gefässe sehr gleichmässig zerstreut. Die scharf begrenzten, breiten Markstrahlen lebhaft atlasglänzend, am Querschnitt lichter, am Längsschnitt dunkler als das umgebende Holz, am Radialschnitt meist kurze, dunkle, glänzende Streifen bildend, an denen Buchenholz sofort zu erkennen ist. Hart, leicht spaltig, unter Wasser sehr dauerhaft, im Freien bald faulend, gedämpft leicht zu biegen. Für unter Wasser blei-

bendes Zimmerwerk, als Strassenpflaster, Treppen, zu Secundäreisenbahnschwellen, zu Bestandtheilen an Wasserrädern, sehr wichtig zur Erzeugung gebogener Möbel, in der Wagnerei, zu Wein- und Bierfässern, zu landwirthschaftlichen Geräthen, gebeizt und gefärbt als Cigarrenkistenholz, nicht gut zu Werkzeuggriffen, weil es in der Hand „brennt" (Exner).

51. Carpinus betulus L., Hain-, Weissbuche, Hornbaum (Fig. 133). — Gelblichweisses Splintholz, Jahresringe häufig grob, wellig, Ringgrenze eine scharfe, aber sehr schmale Linie, im Uebrigen der Jahresring gleich dicht, daher das Holz sehr homogen; die breiten, ziemlich matten Markstrahlen unecht, d. h. sie lösen sich unter der Lupe in feinere auf, daher auch die Breite eines und desselben unechten Markstrahles wechselnd. Sie sind lichter als das umgebende Holz. Mitunter zarte Querstreifen und helle Fleckchen, Holzparenchym mit dünnwandigen Holzfasern. Hart, schwer, schwerspaltig, im Trockenen dauerhaft; zu Maschinentheilen, zu landwirthschaftlichen Geräthen (Dreschflegeln, Stielen), in der Wagnerei zu Felgen; zu Holzstiften, Haushaltgeräthen; für alles, was Reibung und Stoss auszuhalten, sehr geeignet.

30. Holz hart, Markstrahlen stark glänzend . . . *Acer*
(bei Acer pseudoplatanus die Markstrahlen deutlich).
Holz weich, Markstrahlen matt . . . . . *Tilia*

52. Acer pseudoplatanus L., Bergahorn. — Weiss oder gelblichweiss, in der Farbe dem Birkenholz ähnlich, ohne Kern. Jahresringe gleichmässig; Ringgrenze fein, nicht oder nur sehr unbedeutend wellenförmig, Markstrahlen fast deutlich, am Spiegelschnitt sehr zahlreich, hoch und kurz, stark glänzend. Hart, schwer, zähe, schwerspaltig, sich werfend und reissend, dauerhaft im Trockenen. Feines, gesuchtes Werkholz zu Möbeln, Parketten, Einlegearbeiten, Tellern, Schüsseln, Löffeln, Schuhnägeln, Schachteln, Pfeifenköpfen, zu Bildschnitzerei- und Galanterieartikeln.

53. Acer platanoides L., Spitzahorn (Fig. 134). — Dem vorigen sehr ähnlich, aber die Jahresringgrenzen weniger fein und immer etwas wellenförmig, Markstrahlen feiner. Verwendung wie Bergahorn, aber weniger geschätzt.

54. Acer campestre L., Feldahorn, Masholder (Fig. 135). —

Röthlichweiss, nicht selten mit im auffallenden Lichte gelblichen, im durchfallenden dunkelbraunen Zellgängen, Jahresringe ziemlich ungleichmässig, Ringgrenze fein- und grobwellenförmig, am Spiegelschnitt besonders kräftig glänzend, dichter, schwerer und zäher als vorige; zu geflochtenen Peitschenstielen, Gartenstühlen, Zahnstochern, Nachahmungen von anderen Hölzern. Von Ahorn gibt es werthvolle Maserformen; besonders geschätzt sind die durch kleine zahlreiche Knospen hervorgerufenen (amerikanischen, russischen und ungarischen) Vogelaugen, „bird eye".

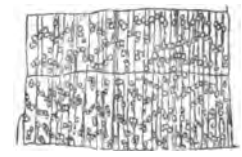


Fig. 134. Acer platanoides, Spitzahorn. Querschnitt, Lupenbild. Zerstreutporig, Markstrahlen kenntlich, einzelne fast deutlich. Gefässe mitunter zu Wellenlinien verbunden. Ringgrenze wellenförmig.

55. *Tilia parvifolia Ehrh.*, kleinbätterige Linde, Winterlinde (vergl. Fig. 124—125). — Röthlichweisses Reifholz, Splint breit, weiss, Jahresringe theils gleich-, theils ungleichmässig, Ringgrenze meist nicht wellenförmig, nach innen etwas verwischt, Gefässe im Jahresring zerstreut und viel zahlreicher als bei Acer, Markstrahlen weniger scharf, sehr dicht, nur wenig oder nicht glänzend. Sehr weich, leicht, leicht spaltbar, nicht dauerhaft, nur wenig schwindend und sich werfend, nach der Aspe die weisseste Holzware; edles Schnitzereiholz, dann als Blindholz zu inneren Möbeltheilen, zu Hutformen, Holzschuhen, Spielwaren, sehr geschätzt. — Das Holz von *Tilia platyphyllos*, Sommerlinde, kaum zu unterscheiden.

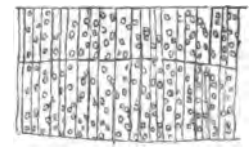


Fig. 135. Acer campestre, Feldahorn. Querschnitt, Lupenbild. Zerstreutporig, alle Markstrahlen kenntlich, sehr fein, gleichartig entwickelt, (stark glänzend), Ringgrenze fein- und grobwellenförmig; Zellgänge.

31. (27) Harthölzer 32
Weichhölzer 39

32. Jahresringe undeutlich, nur mit Vergrösserung wahrzunehmen, Holz gelb, auffallend schwärzlich gewässert . . . . . *Olea*
Jahresringe deutlich, Holz nicht gewässert . . 33

56. *Olea europaea L.*, Oelbaum, Olivenbaum. — Kernholz schön gelb und braun bis schwarz gewässert, am Längsschnitt daher durch eigenthümliche, dunkle Wellenzeich-

nungen charakterisirt; Jahresringe, Markstrahlen nur mit guter Vergrösserung wahrnehmbar; Poren regellos zerstreut, sehr klein, im Frühjahrsholz etwas dichter, daher das Holz auch als ringporig bezeichnet. Sehr dicht, fast homogen, äusserst hart, prachtvollen Maser bildend; grösste Verwendung im Kunstgewerbe: Mosaik, Galanteriewaren (Wien, Paris, Sorrent, Belaggio; Olivenholzindustrie-Schule [Drechslerei-Lehrwerkstätte] in Arco).

33. Holz durchwegs hellgelb bis röthlichweiss . . 34
Holz stets mit dunklem Kern, Jahresringgrenze eine dunkle Linie (Pomaceae, Kernobsthölzer) . 36
Holz ziegelroth, im hohen Grade maserwüchsig, Jahresringe schwieriger wahrnehmbar . *Erica arborea*

57. Erica arborea L., Baumheide, Bruyère, racine de Bruyère, aus Spanien, Südfrankreich und Korsika. — Das ziegelrothe, allmälig braunroth werdende Holz der Wurzel ist grösstentheils maserig, sehr dicht, schwer, nicht spaltig, schwer verbrennlich, weil reich an Kieselsäure; dient zur Pfeifenfabrikation (die bekannten rothen Pfeifen, Matrosenpipes etc.)

34. Holz hellgelb, Jahresringe meist durch zarte dunkle Linien angedeutet, höchst hart, höchst homogen, fast hornartig, das „feinste" aller Hölzer . *Buxus*
Holz gelblich oder röthlichweiss, Jahresringgrenze eine helle Linie, nicht so fein wie voriges . . . 35

35. Holz rein gelblichweiss, Gefässe mit der Lupe nicht wahrnehmbar . . . . . *Evonymus*
Holz fast immer röthlichweiss, häufig mit Zellgängen, Gefässe mit der Lupe als helle Punkte sichtbar . . . . . *Betula*

58. Buxus sempervirens L., Buchsbaum, Buchsholz, Xylographenholz. — Durch die Farbe, Dichte und höchste Feinheit ausgezeichnet. Auch an den Längsschnitten keine Structurverhältnisse zeigend; gibt, glatt gehobelt, eine vollkommen ebene, homogene Fläche. Sehr schwer, äusserst schwer spaltbar, matt, dauerhaft; für Holzschnitte, Blasinstrumente, feinste Drechslerwaren höchst werthvoll. Das beste vom Schwarzen Meere (Abchasien).

59. Evonymus europaeus, Spindelbaum, Pfaffenkäppchen. — Holz durchwegs gelblichweiss, sehr dicht, gleichmässig,

Jahresringe durch eine zarte helle Linie angedeutet, Poren sehr klein, ziemlich dicht, am Längsschnitt nicht selten gelbe Flecken. Hart, schwer spaltbar, leicht zu schneiden, vorzüglich polirbar, zu feinen Drechslerwaren, Schuhstiften, Zahnstochern etc.

60. Betula alba L., Birke, Weissbirke. — Jung weiss, später fast immer mit röthlichem Farbenton, nur Splintholz. Jahresringe deutlich, meist stark wellenförmig, Ringgrenze eine schmale, scharfe Linie. Gefässe zahlreich, sehr dicht, ziemlich gleich gross, Markstrahlen unter der Lupe ziemlich gut zu beobachten, diese daher fast kenntlich. Mässig hart, mitunter sogar fast weich, zähfaserig, schwerspaltig, im Freien nicht dauerhaft. Wichtig für Wagnerartikel (Felgen, Reibscheibe oder Wagenbrücke, Deichseln), als Tischlerholz zu Möbeln, auch zu solchen aus gebogenem Holze, zu Schuhstiften, Kummetgerüsten, Bürstenböden, Holzschuhen, Esslöffeln, aus dem Maserholz Pfeifenköpfe. Schwedischer Birkenmaser, durch gelbliche Farbe und schwarzbraune Flecken und Streifen (Marmorirung) ausgezeichnet, wurde als japanisches Muskatnussholz zu Galanteriewaren verarbeitet.

36.[1]) Markstrahlen im Tangentialschnitt ein- bis vierreihig . . . . . *Mespilus*
Markstrahlen im Tangentialschnitt ein- bis dreireihig, niemals vierreihig, meist ein- oder zweireihig 37

61. Mespilus germanica L., Mispel, Asperlholz; von allen Pomaceen durch die ein- bis vierreihigen Markstrahlzellen, die übrigens unregelmässig angeordnet sind, verschieden. Hart, schwer, im Uebrigen mit Weissdorn verwandt; wohl nur selten verwendet.

37. Gefässe ohne tertiäre Verdickungsstreifen . . . 38
Gefässe mit tertiären Verdickungsstreifen
Sorbus (incl. *Aria*)

62. Sorbus aria Crantz (= *Aria nivea Host.*), Mehlbeerbaum. — Splint gelblich- oder röthlichweiss, Kern rothbraun, mitunter bräunlich gewässert und mit Zellgängen. Jahres-

[1]) Die Pomaceenhölzer sind genau nur durch die mikroskopische Untersuchung zu unterscheiden; in der Tabelle ist darauf (nach Burgerstein) Rücksicht genommen.

ringe durch eine (im durchfallenden Lichte scharfe) braune Linie abgegrenzt, mit etwas wellenförmigem Verlauf. Markstrahlen sehr eng und zahlreich, mit der Lupe gerade noch wahrnehmbar. Gefässe sehr klein, nur im dünnen Schnitte mit der Lupe zu sehen. Mikroskopie: 9 bis 12 Markstrahlen auf 1 mm im Querschnitt; Gefässweite 0,038—0,05 mm, Markstrahlzellhöhle meist 0,015 bis 0,019 mm. — Hart, zähe, schwerspaltig; vorzüglich zu Maschinenbestandtheilen, zu Drechslerwaren, Instrumenten, zur Formschneiderei und Xylographie; als Ersatz des Ahornholzes.

63. Sorbus torminalis Crantz, Elsbeerbaum. — Dem vorigen sehr ähnlich, Kern etwas dunkler, Markstrahlen schärfer hervortretend, Gefässe zahlreicher, etwas grösser, Holz daher weniger dicht, im Werth dem vorigen nachstehend.

38. Kein echter Kern, meist Faulkern, Holz häufig durchwegs bräunlichroth; 12—16 Markstrahlen auf 1 mm Querschnitt, Markstrahlzellhöhe 0,013 bis 0,015 mm . . . . . *Pirus*
Echtes Kernholz, Kern dunkelrothbraun, 10 bis 13 Markstrahlen auf 1 mm Querschnitt, Markstrahlzellhöhe 0,013—0,017 mm . . . . . *Malus*

64. Pirus communis L., Birnbaum. — Röthlichbraun, in Reifholz übergehend, mitunter bräunlichroth bis dunkelbraun (Faulkern), Jahresringe durch eine deutliche braune Linie begrenzt, mitunter sehr enge; sehr dicht und gleichmässig, Markstrahlen unter der Lupe sehr zart. Ziemlich hart, schwerspaltig, im Trockenen dauerhaft; vorzügliches Drechsler- und Schnitzholz, zu Druckformen, Werkzeugen, Hobelkästen, Holzschrauben; besonders schwarz gebeizt viel verwendet als Ebenholzimitation für feine Möbel.

65. Malus communis L. (Pirus malus L.), Apfelbaum. — Splint hellbraun, Kern dunkel, dunkelrothbraun (besonders im durchfallenden Lichte auffällig). Jahresringe verschieden breit, Gefässe mitunter zonenartig gehäuft, auch an der Frühlingsholzgrenze — was beim Birnbaumholz nie der Fall ist. Etwas hart, schwerspaltig, ohne Dauer; wie voriges verwendet, aber weniger geschätzt, zu Spielwaren, Schnitzereien, Fasspipen, Pfeifenrohren.

39. (31) Stets ein auffallend gefärbter Kern vorhanden (Salicaceen, Weidenartige) 40
Holz gleichfarbig, gelblichweiss (wie Elfenbein), nur selten etwas röthlich . . . . . *Aesculus*
Holz schmutzig weiss, vom Charakter des Salicaceenholzes, aber ohne Kern . . . *Populus tremula*

66. Aesculus hippocastanum L., Rosskastanie. — Feines, weisses Splintholz. Jahresringgrenze eine deutliche helle Linie, Jahresringe ziemlich gleichartig, Markstrahlen einreihig. Weich, leichtspaltig, von geringer Dauer; zu Kisten, Holzschuhen, zu Marquetterie.

67. Populus tremula L., Zitterpappel, Aspe. — Jahresringe deutlich, Markstrahlen unter der Lupe gut zu beobachten, keine besonderen Merkmale. Leicht, sehr weich, leicht- und schönspaltig, nicht dauerhaft, im Alter röthlich werdend. Zu schwedischen Zündhölzchen, zu Dielen, Brettern, Schindeln, Fässern, Kisten, Pfählen, zur Auskleidung von Eisenbahnwaggons, dünne Spähne zu Sparteriearbeiten, vorzüglicher Rohstoff zu Holzpapier.

40. Splint röthlichweiss, Kern hellroth . . . *Salix caprea*
Splint weiss, Kern dunkelbraun
Salix alba, S. fragilis etc.
Splint weiss, Kern gelb oder hellgelbbraun
Populus alba, P. nigra

68. Salix caprea L., Sahlweide. — Splint weiss oder gelblichweiss, Reifholz röthlich, Kern hellroth bis hellbräunlichroth, Jahresringe meist breit, durch zahlreiche Gefässe locker, am Längsschnitt stark glänzend, Markstrahlen ungemein zart und zahlreich. Weich, sehr leicht, leichtspaltig; zu groben Flechtarbeiten, Faschinen, Weinpfählen, als Blindholz und Papierstoff.

69. Salix alba L., Silberweide, *S. fragilis L.*, Bruchweide. Durch den stark dunklen Kern vom vorigen verschieden. Verwendung dieselbe.

70. Populus alba L., Silberpappel, *P. nigra*, Schwarzpappel. — Splint weiss, Kern gelb (*P. alba*) oder hellbräunlich (*P. nigra*), leicht und weich. Verwendung wie Zitterpappel.

41. (10) Mit Alkalien bestimmte Farbreactionen gebend *Farbhölzer*

(Rothhölzer; die Maserstücke von Pterocarpus indicus, saxatilis etc. werden als Amboinamaser, Amboinaholz zu Pfeifen und Fourniren verwendet; Gelbholz und Blauholz, s. Farbhölzer.

Nur als Kunsthölzer verwendet 42

42. Für das unbewaffnete Auge am Querschnitt structurlos 43

Es sind entweder Poren oder auch Markstrahlen oder eine auffällige Querstrichelung (am Querschnitt) mit freiem Auge zu beobachten 44

43. Kernholz schwarz . . . . . *Ebenhölzer*

Kernholz braunroth mit fleckigen Zeichnungen *Schlangenholz*

Holz weiss, sehr wohlriechend . . *Weisses Sandelholz*

71. Ebenholz, schwarzes Ebenholz, *Diospyros Ebenum* und andere *Diospyros*-Arten[1]). — Splint weiss, schmal, Kern tiefschwarz, Poren zerstreut, zu zwei bis drei radial gelagert, Markstrahlen einreihig, krystallführend. Sorten: Makassar-, Sansibar-, Mauritius-, Ceylon-, Siam-Ebenholz. Höchst hart und schwer, homogen, in den besten Sorten ohne Sprünge, ohne Masern und ohne Schwächung der Farbennuance; hingegen sind weiss gefleckte Sorten geschätzt.

72. Buntes, streifiges Ebenholz, Koromandelholz von *Diospyros hirusta*, kaffeebraun, nicht gleichmässig gefärbt, Markstrahlen häufig zweireihig.

73. Cocoboloholz, von *Euclea sp.*, Südafrika, dem echten Ebenholz sehr ähnlich.

74. Schlangenholz, Lettern-, Muskat-, Tigerholz, Bois de perdrix, Patridge-, Pheasant-, Nutmeg-, Leopard-, Snakewood von der amerikanischen *Piratinera guayanensis*. — Kern braunroth mit dunklen Streifen und Flecken, an diesen leicht kenntlich. Höchst hart und schwer, sehr kostbar.

75. Weisses Sandelholz, *Santalum album*, hellgelbbräunlich, meist mit die Jahresringe vortäuschenden concentrischen, Farbstoff enthaltenden Ringen; Gefässe vereinzelt, mit gelbem Harz gefüllt, Markstrahlen einreihig. Riecht aus-

[1]) H. Molisch, Vergleichende Anatomie des Holzes der Ebenaceen und ihrer Verwandten. Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1879, Band 86, I, S. 78 ff.

gezeichnet. Ein unechtes Sandelholz hat mehrreihige Markstrahlen.

44. Poren sichtbar, Markstrahlen unkenntlich . . . 45
Poren und Markstrahlen mit freiem Auge sichtbar 48
Holz am Querschnitt deutlich quer gestrichelt. . 49

45. Holz auffallend und charakteristisch riechend . . 46
Holz nicht durch einen charakteristischen specifischen Geruch ausgezeichnet 47

46. Nach Veilchen riechend . . . . . *Veilchenholz*
Harzig riechend und beim Erwärmen Harz ausfliessen lassend . . . . . *Guajakholz*

76. Veilchenholz, Myall wood, von *Acacia homalophylla* (Australien). — Kern chokoladebraun bis olivgrün. Höchst hart und schwer, nicht spaltbar, durch den Veilchengeruch ausgezeichnet.

77. Guajakholz, Pock-, Franzosenholz, Lignum sanctum (Heiligenholz), von *Guajacum officinale.* — Kern grünlich- oder bräunlichschwarz, höchst hart und schwer, nicht spaltbar, höchst dauerhaft; bekanntlich das beste Kegelkugelholz und zu gewissen Maschinenbestandtheilen besonders geschätzt.

47. Holz gelb und roth gebändert und geflammt *Rosenholz*
Holz auf fuchsbraunem Grunde dunkel gestreift *Zebraholz*
Holz braun mit zahlreichen schwefelgelben Pünktchen (Poren) . . . . . *Greenheart*
Holz bernsteingelb mit helleren und dunkleren Pünktchen . . . . . *Korallenholz*

78. Rosenholz, Tulip wood von *Physocalymna floribundum* (Brasilien); nebst der rothen und der gelben Zeichnung durch den Geruch ausgezeichnet. — Andere Rosenhölzer, nur durch die rothe Färbung charakterisirt, ohne rosenartigen Geruch, sind das Bois de Chypre, das westindische, afrikanische, Queensland-Rosenholz von *Cordia, Dalbergia, Caesalpinia* etc.

79. Zebraholz von dem amerikanischen *Omphalobium Lamberti,* ist ein beliebtes, nicht sehr hartes Fournirholz.

80. Greenheart, von *Nectandra* etc. (Guyana), dem Guajakholz etwas ähnlich und gleich diesem verwendet. — Aehnlich das Incaholz, Cogwood und Queenwood.

81. Korallenholz von *Erythrina corallodendron* (Westindien). — Gefässe theils harzerfüllt, theils harzfrei, Harz roth; an der Luft wird das harte, schwere Holz roth.

48. Holz braun, gleichmässig . . . . . *Mahagoni*
Holz schichtenweise gelblichgrün und tiefbraun *Grünes Havanaholz*
Holz gelb, dem echten Buchs ähnlich *Exotische Buchshölzer*
Holz gelblich, gut spaltbar . . . . . *Primaveraholz*

82. Mahagoni, Echter Mahony, Acajouholz von *Swietenia Mahagoni* (u. a. A.). Schön braun, mässig hart und schwer, schlechtspaltig, auch schön maserig (Pyramidenholz). Sorten: Cuba-, Jamaica-, Haiti-, Yukatan-, Tabasco-, Laguna-, St. Domingo-, Porto Plata- und Honduras-Mahagoni.

83. Madeira-Mahagoni, Cailcedraholz von *Khaya senegalensis*, dem echten ziemlich ähnlich, mehr rothbraun. Andere Sorten sind das Arena-Mahagoni von Chile, das Bastard- oder Colonial-Mahagoni von *Eucalyptus*-Arten, Cap-Mahagoni von *Pteroxylon* etc.

84. Grünes Havana-, Haiti-, grünes Ebenholz, auch Greenheart, wahrscheinlich von einer Myrthenart, durch seine schöne Zeichnung werthvoll.

85. Westindischer Buchs von *Aspidosperma* und

86. Australischer Buchs von *Pittosporum*, beide gelb, sind Surrogate des echten (türkischen) Buchsholzes.

87. Primaveraholz aus Mexiko, gelblich, mässig hart, edles Fournirholz.

49. Bräunlichviolett mit schwarzen Adern . . *Palisander*
Dunkelbraunroth . . . . . *Pferdefleischholz*
Violett . . . . . *Königsholz*
Kaffeebraun bis olivgrün . . . . . *Granadillehölzer*

88. Palisander von *Jacaranda brasiliana*, eines der edelsten amerikanischen Hölzer, höchst schwer und hart, stark verharzt, das werthvollste Möbelholz.

89. Pferdefleischholz, Panacoco, Beefwood, Bully tree, Bois de perdrix von *Robinia Panacoco*, aus dem tropischen Amerika, höchst hart und schwer (daher auch eine Art Eisenholz, iron wood), hauptsächlich zu Geigenbögen.

90. Königsholz, Veilchenholz, Palissandre violet. — Kernholz,

violett mit dunklen Zonen, sehr deutlich unterbrochen quer gestrichelt.

91. Granadille heissen verschiedene Hölzer; echtes Granadille, von der westindischen *Brya ebenus*, ist kaffeebraun mit violettem Stich, wird auch fast ebenholzschwarz; für musikalische Blasinstrumente geschätzt.

92. Cuba-Granadille, Cocusholz, von *Inga vera* (nicht mit Cocosholz zu verwechseln), hat einen dunkelolivgrünen bis schwarzen Kern, ist eines der wichtigsten Drechslerhölzer, besonders zu Pfeifen.

93. Vacapou, brasilianisches Teakholz von *Andira Aubletii* und *A. inermis*, dunkelbraun, höchst hart und schwer (Eisenholz), sehr dauerhaft.

Seltenere Hölzer:

94. Condori- oder Korallenholz, von der indischen *Adenanthera pavonina*, dem obengenannten Korallenholz (Nr. *81*) ähnlich, aber durch die breit gesäumten Poren verschieden.

95. Zirikota, unbekannter Abstammung, durch die schöne und merkwürdige Zeichnung besonders hervorragend; Markstrahlen als hellbraune, quergestreifte Schüppchen im Längsschnitte, gekreuzt von den hellfarbigen Gefässfurchen.

96. Amarant-, Luftholz, Bois pourpre, Purple heart, von der südamerikanischen *Copaifera bracteata*, ist frisch braun, wird bald schön roth; die Poren, besonders an der Aussenseite, von Parenchym begleitet. Schönes Kunstholz.

97. Tambinziran, rothes Havanaholz, von einer Leguminose, ist gleichmässig rothbraun, mässig hart und schwer.

98. Algaroba von *Hymenaea Courbaril* ist ein braunrothes, sehr hartes und sehr schweres Drechslerholz.

99. Aloëholz [1]), Agallocheholz. Es gibt zwei echte Aloëhölzer, von denen das eine von *Aquilaria*-Arten, das andere von *Gonostylus* abstammt. Harzreiche, wohlriechende, zu Parfümeriezwecken verwendete Hölzer. — Aehnliche Verwendung findet das Linaloëholz, dessen eine Sorte von Mexiko kommt und von *Bursera*-Arten herrührt, während die andere aus Französisch-Guyana „Likari" oder „bois de rose femelle" genannt wird und wahrscheinlich von *Ocotea caudata Mez.* abstammt.

[1]) J. Moeller, Lignum Aloës und Linaloëholz, Pharmac. Post 1897, XXX, S. 531 ff., und idem, Lignum Aloës, a. a. O. 1898, XXXI, S. 545 ff.

100. Pinkos, Pinkosknollen, die knolligen Wurzeln einer australischen Conifere, sehr hart und schwer, wie Guajakholz verwendet.

50. (9) Stamm hohl . . . . . *Bambus*
Stamm massiv . . . . . *Palmenhölzer*

101. Bambus, Bambusrohr, *Bambusa arundinacea L.* — Knotig gegliedert, aussen glatt, glänzend, innen hohl, bis 15 m hoch; wird bei uns zu Stockarbeiten, in der Galanterietischlerei verwendet.

102. Palmenholz, Palmyraholz, Zebraholz, zeigt in einer meist braunen Grundmasse meist dunkle Stränge; nach der Farbennuance unterscheidet man weisse (Dattelpalme, Cocospalme) und schwarze Palmhölzer (Palmyrapalme, Gomutipalme).

D. Farbhölzer[1]).

Die Farbhölzer sind — trotz der Theerfarben — für die Farbindustrie noch immer von grosser Bedeutung und dienen insbesondere zur Herstellung sog. Modefarben, verschiedener Nuancen von Grau und Braun, und zur Erzeugung guter, haltbarer Schwarzfarben. Mit Ausnahme des Fisetholzes und des Sauerdorns sind sie aussereuropäische, grösstentheils tropische Stammhölzer und zwar Kernhölzer, die in Blöcken, Knitteln oder Prügeln oder auch in Scheiten zur Versendung kommen. Sie werden in eigenen Anstalten, den Farbholzraspeleien oder -Mühlen zum technischen Gebrauch verkleinert. Diese Mühlenproducte sind vornehmlich hirngeschnittenes, geraspeltes und gemahlenes Holz; ausserdem bezeichnet man das zerkleinerte Material nach seiner besonderen Gestalt noch als Spähne, Locken, Nadeln etc. Es wird in der Regel einer Fermentation unterworfen, indem man es in dunklen, luftigen Räumen in Haufen aufschüttet, unter Benetzen mit Wasser öfters umschaufelt und mehrere Wochen sich selbst überlässt. Dadurch soll, wie die Praktiker

[1]) A. Vogl, Untersuchungen über den Bau und das mikrochemische Verhalten der wichtigsten Farbhölzer des Handels. Lotos, Märzheft 1873. — v. Höhnel, Beiträge zur technischen Rohstofflehre. Dingler's polytechn. Journal Band 235, 1880, S. 74—79. Zur Unterscheidung der Farbhölzer, mit Abbildungen (Lupenbilder der Querschnitte). — J. Moeller, Beiträge zur vergl. Anatomie des Holzes. Denkschriften der Wiener Akademie Band XXXVI, 1876. — Idem, Die Rohstoffe des Tischler- und Drechslergewerbes. I. Holz. 1883. — Benedikt in Realencyklopädie der gesammten Pharmacie Band IV, 1888, S. 249 (Farbhölzer). — Tschirch, ebenda S. 256 (Artikel Farbstoffe).

sagen, der noch nicht fertig gebildete Farbstoff vollständig entwickelt und auch eine Vermehrung desselben erzielt werden. Thatsächlich erweisen sich die fermentirten Farbhölzer viel ergiebiger, als die nicht fermentirten. Bekanntlich sind die Farbstoffe entweder schon fertig gebildet und im freien Zustande, bezw. als Glykoside oder Salze im Holze vorhanden oder es finden sich die Chromogene vor, die unter der Einwirkung der Luft und anderer uns unbekannter Factoren in die Farbkörper übergehen. Zweifellos wirkt die Fermentation in diesem Sinne.

Im technischen Farbholz sind die Wände aller Gewebselemente die Träger der Farbstoffe; man findet diese aber auch noch in den parenchymatischen Elementen (und auch in den Gefässen) des Holzes in Form harzartiger Tröpfchen oder fester, formloser Schollen neben Stärkekörnern, Oxalatkrystallen etc. Früher hielt man die Farbstoffe für primäre Erzeugnisse einer chemischen Metamorphose der Mittellamelle, da im Kernholz alle Schichten der Zellwände Träger des Farbstoffes sind, insbesondere aber die Mittellamelle am meisten Farbstoff enthält, während die Zellwandschichten des Splintes bis auf die Mittellamelle farblos sind. Gegenwärtig aber gilt die Anschauung, dass die Farbstoffe als Zellinhalt entstehen und von den Zellmembranen aufgespeichert werden; verholzte Zellmembranen sind zur Aufspeicherung von Infiltrationskörpern besonders geeignet.

Man unterscheidet Gelb-, Blau- und Rothhölzer.

Gelbhölzer.

Als Gelbhölzer sind der echte Fustik, das Fisetholz und das Sauerdornholz zu bezeichnen.

Das echte Gelbholz (alter Fustik, echter Fustik, Futeiba, Fustete, gelbes Brasilholz [1]) ist das Kernholz von Chlorophora tinctoria (L.) Gaudich. (= Maclura tinctoria Don. = Morus tinctoria Sacq. = Broussonetia tinctoria Kth., Moraceae), welcher Baum in Mittel- und Südamerika verbreitet ist. Die Namen der Sorten: Cuba, Puerto Rico, Domingo, Carthagena, Maracaibo, Tabasco, Tampico geben zugleich die Provenienz an. Die Handelsware besteht aus stattlichen Stamm- und Aststücken, auch aus Scheiten, die von dem grauweissen

[1]) Autor, Ueber die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale des echten Gelbholzes (Fustik) und des ungarischen Gelb- oder Fisetholzes. Chem. Ztg. 1886, Jahrg. X, p. 1586. — Idem in Realencyklopädie der gesammten Pharmacie 1888, Band IV, S. 453.

Splint (der aber noch häufig in dünnen Lagen am Holze zurückgeblieben ist) befreit sind.

Das Holz ist ziemlich schwer und hart, leicht spaltbar und im Allgemeinen schmutzig citronengelb; mit der Zeit dunkelt es nach und zolldicke Stücke werden durch und durch braun. Der Querschnitt zeigt concentrische, verschieden breite, bräunliche Kreiszeichnungen (aber keine echten Jahresringe), ferner in ebenso gefärbter Grundmasse höchst zahlreiche, wellenförmig verlaufende, gelbe Linien; an geglätteten und befeuchteten Stellen sind sehr feine Markstrahlen mit freiem Auge wahrzunehmen. Radiale Bruchstellen sind faserig-knorrig, lebhaft fett- bis seidenglänzend, mitunter mit goldgelben Punkten oder Längsstreifen besetzt. Mit Kalilauge oder

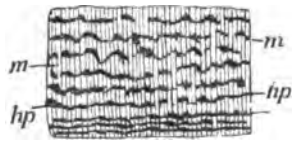


Fig. 136. Echtes Gelbholz oder Fustik. Lupenansicht. Querschnitt, m Markstrahlen, hp Holzparenchym.

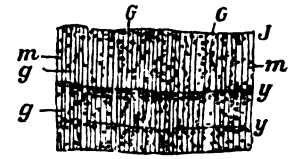


Fig. 137. Ungarisches Gelbholz oder Fisetholz. Lupenansicht, Querschnitt. G Frühjahrsgefässe, g Spätholzgefässe, m Markstrahlen, J und y Jahresringgrenzen.

Aetzammoniak betupft, wird die frische Schnittfläche orangegelb; mit Salzsäure behandelte und erwärmte Stücke färben sich dunkelviolett (Maclurin-Reaction). Unter der Lupe zeigen sich die zahlreichen feinen Markstrahlen verschieden breit; tangential verlaufen in brauner Grundmasse theils zusammenhängende, theils abgesetzte citronengelbe Wellenlinien mit ziemlich spitzen Wellenbergen, in denen einzelne Poren (offene Gefässe), kreisrunde dichte Fleckchen (mit Thyllen verstopfte Gefässe) und hellglänzende Pünktchen sichtbar sind (Fig. 136).

Mikroskopisch untersucht zeigt der Querschnitt fast goldgelbe dichte Libriformmassen (Fig. 138), die durch verschieden breite, mitunter sich gabelnde Holzparenchymbänder (Fig. 138, hp) unterbrochen sind. Die Gefässe (Fig. 138, G) stehen meist einzeln oder sind zu 2—4 gruppirt; sie sind grösstentheils mit Tyllen verstopft, dickwandig, behöft getüpfelt; auch die Thyllen haben hie und da getüpfelte Wände. Das Holzparenchym enthält einfach getüpfelte, axial gestreckte, dünnwandige, häufig mit einfachen, kugelrunden (10—14 μ messenden) Stärkekörnern erfüllte Parenchymzellen, denen als Begleiter gekammerte Faserzellen angelagert sind. Die

Kammerfaserzellen enthalten je einen schön entwickelten Calciumoxalatkrystall in Hendyoëderform. Die Markstrahlen sind 1—4 Zellen breit, bis 12 Zellen hoch; die Markstrahlzellen sind reichlich einfach getüpfelt. Die Libriformfasern sind nur wenig verdickt (Fig. 140 und 141).

Nach A. Vogl kommen in Klüften des Cuba-Gelbholzes pulverig-gelbe Massen vor, die wesentlich aus Krystallen zweierlei Art bestehen und den beiden Farbkörpern angehören dürften. Bisher ist aus dem Gelbholz nur ein gelber Farbstoff[1]), das Morin $C_{13}H_{10}O_6$

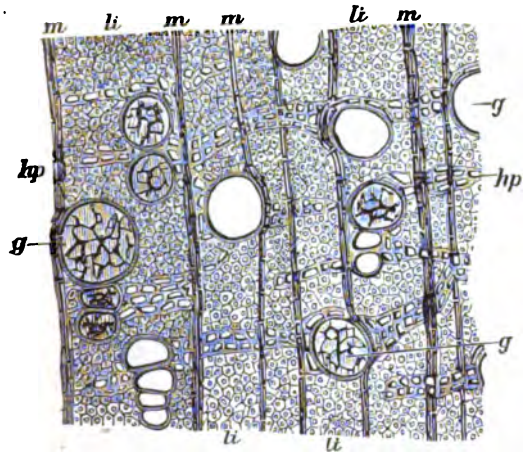


Fig. 138. Echtes Gelbholz, Querschnitt. g Gefässe, m Markstrahlen, li Libriform, hp Holzparenchym; die Gefässe durch Thyllen verstopft. Vergr. 1/300.

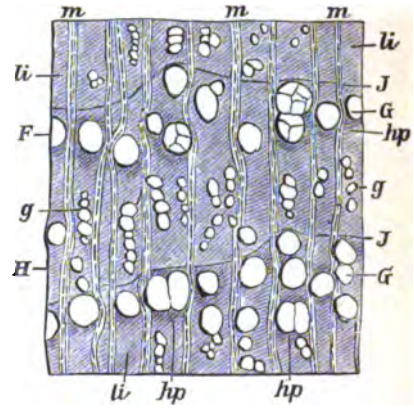


Fig. 139. Fisetholz. Querschnitt, halbschematisch. G Frühholz-, g Spätholzgefässe, hp Holzparenchym, m Markstrahlen, li Libriform, J Jahresringgrenzen, F Frühholz, H Spätholz.

näher bekannt. „Es findet sich im Holz zum Theil an Kalk gebunden vor und scheidet sich ab, wenn man die Abkochungen des Gelbholzes mit Salzsäure ansäuert. Durch Umkrystallisiren des Niederschlages aus Alkohol erhält man den Farbstoff in gelblichen Blättchen.“ . . . „Ausser dem auch in kochendem Wasser nahezu unlöslichen Morin kommt im Gelbholz ein bisher nicht isolirter leicht löslicher Farbstoff vor. Auch enthält es eine dem Morin isomere Verbindung, das Maclurin, welche kein Farbstoff ist“ (Benedikt). Mit Gelbholz wird gelb, braun und olivengrün gefärbt.

Das Fisetholz (junger Fustik, Fustelholz, ungarisches, Dalma-

[1]) Vergl. Jul. Löwe, Ueber Morin, Maclurin und Moringerbsäure. Zeitschr. f. analyt. Chemie XIV, 1875, S. 117, und Benedikt in Realencyklopädie etc. Band IV, S. 251.

tiner, europäisches Gelbholz, Perrückenbaumholz, Scatano Scatanello[1]) ist das Kernholz des in den trockenen Theilen des Mittelmeergebietes, ferner in Savoyen, Südtirol (bis Wien), in Siebenbürgen und Serbien noch vorkommenden Perrückenbaumes, Cotinus Coggygria Scop. (= Rhus cotinus L., Anacardiaceae), dessen Blätter eine Sumachsorte bilden und ein Gerbemittel abgeben. Das Holz kommt in verschieden dicken Knütteln auf den Markt. Querscheiben von 12 cm und darüber sind selten. Der Kern ist von einem dünnen, weissen Splint umgeben und zeigt auf dem Querschnitt deutliche Jahresringe, indem schmutzig-canariengelbe oder gelbgrüne Kreisschichten mit

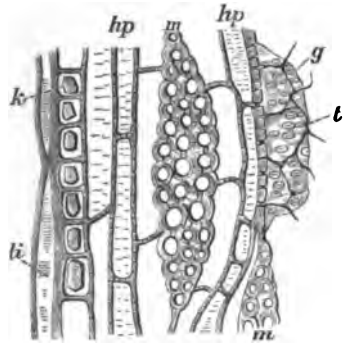


Fig. 140. Echtes Gelbholz. Partie eines Tangentialschnittes. m Markstrahlen, li Libriform, hp Holzparenchym, g Gefässe mit Thyllen t, k Oxalatkrystalle. Vergr. 1/400.

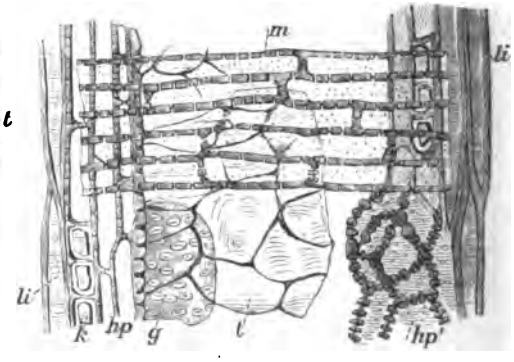


Fig. 141. Echtes Gelbholz. Partie eines Radialschnittes. Bezeichnung wie Fig. 140; hp' unregelmässig entwickeltes Holzparenchym. Vergr. 1/400.

dunkleren braunen Zonen abwechseln; das Holz besitzt einen kräftigen Seidenglanz, ist ziemlich homogen und fein, mässig hart, gut spaltbar und leicht. Mit Kalilauge betupft, wird das Holz carmin- bis blutroth (trocken mennigeroth). Der mit Kali behandelte Schnitt wird (nach dem Auswaschen mit Wasser) durch Salzsäure wieder gelb. Aetzammoniak oder concentrirte Schwefelsäure verursachen braunrothe, Salzsäure (ohne Erwärmen) zinnoberrothe Flecke.

Das Frühholz (Fig. 137) beginnt mit einer zarten, mitunter abgesetzten lichten Wellenlinie und enthält reichlich Poren, die etwas grösser sind, als die Sommerholzporen; das Holz ist also ringporig (vergl. den analystischen Schlüssel, S. 208). Vom Frühholz ziehen kleine Porenfleckchen in radialen oder schief radialen

[1]) Autor in Chem. Ztg. 1886, X, S. 1586, und in Realencyklopädie etc. Band IV, S. 372.

Strichelchen ins Herbstholz. Die Markstrahlen sind sehr fein, fast durchwegs gleich breit, kaum lichter als die Grundmasse.

Die 80—152 μ weiten, mit Stopfzellen erfüllten Frühholzgefässe (Fig. 139, 142, 143) stehen einzeln oder zu zweien, die schmalen Sommergefässe (eigentlich Tracheiden) zu 2—8 in einfachen radialen Reihen. Die Wände der grossen Gefässe sind dicht behöft getüpfelt, die der kleinen getüpfelt und mit einem einfachen oder doppelten Spiralband versehen[1]). Die Hauptmasse des Holzkörpers machen (neben einzelnen wenig verdickten glatten Libriformfasern) spiralig verdickte und getüpfelte Tracheiden

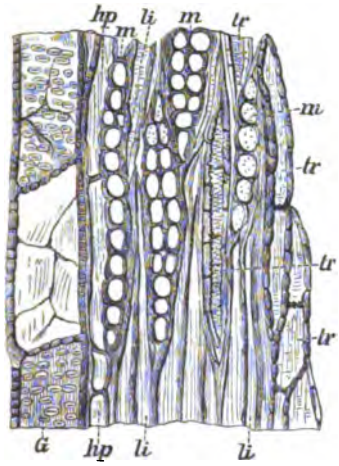


Fig. 142. Fisetholz. Tangentialschnitt. G grosses Gefäss, m Markstrahlen, tr kurze Tracheiden, tr' Ersatzfasern, li Libriform.

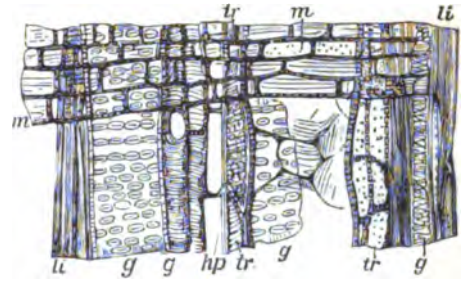


Fig. 143. Fisetholz. Radialschnitt. g grosse, gehöft getüpfelte, g' kleine spiralig verdickte Gefässe (Tracheiden), hp Holzparenchym, das übrige wie Fig. 142.

(mit doppeltem Spiralband), dann einfach getüpfelte oder glatte, ziemlich breite Ersatzfasern aus. Das Holzparenchym ist spärlich vertreten (Fig. 142 und 143). Die Markstrahlen sind ein- und zweireihig, sehr selten dreireihig. In den Markstrahl- und Holzparenchymzellen finden sich orangegelbe bis braune Körner vor, die in erwärmtem Glycerin und Alkohol sich leicht mit gelber Farbe lösen. Die Wände aller Gewebselemente (sowie deren Inhalt) färben sich in Alkalien blutroth, in concentrirter Schwefelsäure und im Millon'schen

[1]) Andere Autoren bezeichnen sie ebenfalls als Tracheiden. Nach A. Vogl, Untersuchungen über den Bau etc., S. 16 des Separatabdrucks heisst es: „Die Grundmasse der Holzbündel besteht aus ziemlich dickwandigen, theils glatten, theils mit doppeltem Spiralband versehenen Ersatzfasern (0,02 mm Durchm. bei 0,4—0,7 mm Länge) und Tracheiden mit Spiralen- und Spaltentüpfeln. In dieser Grundmasse sind sehr zahlreiche, von Holzparenchym begleitete und seitlich durch Holzparenchymschichten verbundene weite (die meisten 0,13—0,22 mm Durchm.), dicht behöft getüpfelte, mit Thyllen ausgefüllte Spiroiden eingetragen."

Reagens braunroth, in Eisenchlorid schmutziggrün bis grünlichbraun, in Salpetersäure dunkelgelb, in Salzsäure zinnoberroth.

Der Farbstoff des Fisetholzes ist das Fisetin ($C_{23}H_{16}O_9$), das in Form einer krystallisirbaren Glykosidgerbsäure[1]) enthalten ist. Es krystallisirt aus Alkohol in feinen citronengelben Nädelchen, ist leicht löslich in Alkohol, fast unlöslich in Wasser.

Fisetholz dient zum Gelbfärben des Leders und zur Herstellung von Mischfarben, insbesondere zur Erzeugung der lebhaften Bronze- und Chamoisfarben auf Wolle.

Um die Unterschiede zwischen den beiden Gelbhölzern besonders auffällig zu zeigen, und die sichere Erkennung zu erleichtern, sind die diagnostischen Merkmale im Folgenden durch Nebeneinanderstellung hervorgehoben.

Echtes Gelbholz.	**Ungarisches Gelbholz (Fisetholz).**
Frisch gelb, mit der Zeit braun nachdunkelnd. Am Querschnitte verschieden breite bräunliche Kreise (aber keine echten Jahresringe), in bräunlicher Grundmasse gelbe, wellenförmig verlaufende Linien; sehr feine Markstrahlen mit freiem Auge wahrnehmbar, also fast deutlich oder sehr gut kenntlich. Radialschnitt fast seidenglänzend mit goldgelben Punkten und Streifen.	Frisch canariengelb oder hellgrün, wenig nachdunkelnd. Am Querschnitte deutliche Jahresringe (Porenringe, ringporiges Holz), keine Wellenlinien; Markstrahlen mit freiem Auge nicht wahrnehmbar, also kenntlich bezw. unkenntlich. An allen Schnitten lebhaft seidenglänzend.
Mit Kalilauge oder Ammoniak betupft, orangegelb, mit Salzsäure erwärmt dunkelviolett.	Mit Kalilauge betupft, carminbis blutroth (trocken mennigeroth), mit Ammoniak (auch mit Schwefelsäure) braunroth, mit Salzsäure ohne Erwärmen zinnoberroth.
Lupenansicht (Fig. 136). Markstrahlen verschieden breit; senkrecht darauf verlaufend theils zusammenhängende, theils abgesetzte Wellenlinien mit Poren und Flecken.	Lupenansicht (Fig. 137). Markstrahlen sehr fein, fast durchwegs gleich stark. Im Frühholz grobe zahlreiche Poren dicht an einander stehend, im Sommerholz Porenflecke in radialen oder schiefradialen Streifen angeordnet.
Mikroskopie. Es sind Tüpfelgefässe, Holzparenchym, Libriform, Krystallkammerfaserzellen und Markstrahlzellen vorhanden.	Mikroskopie. Es sind Tüpfelgefässe, Tracheiden (spiralig verdickt und getüpfelt), Ersatzfasern, einzelne Libriformfasern und Markstrahlzellen vorhanden.

[1]) Wasserlösliches Fustintannid nach J. Schmid. Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 1886, Nr. 11.

Am Querschnitt (Fig. 138): einzelstehende oder zu 2 bis 4 gruppirte meist mit Thyllen erfüllte Gefässe (g); Holzparenchym tangential angeordnet, Markstrahlzellen in 1 bis 3 Reihen, bräunlich.

An den Längsschnitten (Fig. 140 und 141): Gefässe mit Hoftüpfeln, Holzparenchym (hp) mit einfach getüpfelten, axialgestreckten ziemlich dünnwandigen Zellen, ziemlich reichlich gekammerte Faserzellen mit je einem monoklinen Oxalatkrystall (k). Holzparenchymzellen stellenweise unregelmässig (hp'). — Libriformzellen (li) nur wenig verdickt, glatt, 10 bis 17 μ breit, tief citronengelb gefärbt, Markstrahlen bis 12 Zellen hoch, die Zellen reich getüpfelt (Fig. 141, m), im Tangentialschnitt (Fig. 140, m) immer nahezu kreisrund.

Mikrochemisches Verhalten. Farbstoff in den Zell- und Gefässwänden, auch in Form von Körnchen vorhanden. In Alkalien vollständig, in warmem Glycerin und Alkohol grösstentheils mit gelber Farbe löslich. Salpetersäure löst mit gelber, Schwefelsäure mit braunrother, Eisenchlorid mit schmutziggrüner Farbe.

Am Querschnitt (Fig. 139): Frühholzgefässe einzeln oder zu zwei, im Durchmesser 80—152 μ; Sommergefässe (Tracheiden) meist in einfachen radialen oder schiefradialen Reihen.

An den Längsschnitten (Fig. 142 und 143): Gefässe mit Hoftüpfeln, Tracheiden (tr) getüpfelt und mit doppeltem Spiralband, einfach getüpfelte, ziemlich breite Ersatzfasern (tr'). Holzparenchymzellen sehr spärlich, wenig oder nicht getüpfelt, Krystalle fehlend. Markstrahlen 1—2reihig, Zellen im Tangentialschnitt (Fig. 142 m) meist oval oder elliptisch.

Mikrochemisches Verhalten. In Markstrahl- und Holzparenchymzellen orangegelbe oder goldbraune Körnchen, die in Glycerin erwärmt, leicht löslich sind; färben sich wie alle Zell- und Gefässwände in Alkalien blutroth, in Schwefelsäure braunroth, in Eisenchlorid grünlichbraun, in Salzsäure zinnoberroth.

Das Holz des Sauerdornes (Berberis vulgaris L.) ist citronengelb, im Kerne bläulichroth, besitzt deutliche Markstrahlen und eine wenig deutliche Jahresringbildung (vergl. die analytische Zusammenstellung S. 206, das mikroskopische Verhalten siehe bei Vogl l. c. S. 16 und 17). Ueber den Farbstoff der Berberis vergl. Hesse, Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. 1887, Nr. 18, S. 3190.

Blauholz[1]).

Das sehr harte, schwere, ziemlich leicht spaltbare, rothe Kernholz von Haematoxylon campecheanum L. (Blutholz, Braunholz, Campecheholz, Logwood, bois d'Inde, Leguminosae — Caesalpinioideae).

[1]) Schacht, Der Baum. Berlin 1853. S. 209. — A. Vogl, Lotos, S. 11, und idem, Commentar zu österr. Pharmak. 1892, S. 305. — Wiesner, Rohstoffe, 1. Aufl., 1873.

Die beste Sorte kommt von der Westküste Yukatans und von Honduras; weniger geschätzt ist das Blauholz der Antillen. Die gangbarsten Sorten sind Domingo, Laguna, Campeche; an beiden Enden gerade abgesägte Blöcke kommen als englisches Blauholz, stumpf zugespitzte als spanisches in den Handel. An der Luft wird es mit der Zeit violett bis schwärzlich, oft mit metallisch schillerndem grünlichem Anflug.

Am Querschnitte sieht man mit freiem Auge hellere und dunklere Zonen, in dunkler Grundmasse orangegelbe, tangential verlaufende Bänder und Gefässe. Markstrahlen kenntlich. Gefässe behöft getüpfelt, meist in Gruppen zu 2 bis 4; die Hauptmasse bildet Libriform mit stark verdickten, knorrig verbogenen Faserzellen. Holzparenchym reichlich. Markstrahlen 2—4 Zellen breit, bis 40 Zellen hoch.

Domingo-Blauholz enthält in den Gefässen reichlich braune Massen, im Holzparenchym und in den Markstrahlen dagegen nur wenig von denselben. Laguna-Blauholz ist auch in diesen Geweben reich an Inhalt. Domingo ist auch regelmässig mit einem Rest von Splint versehen.

Mit Kalilauge behandelt erfolgt vollständige Lösung des Pigments mit prachtvoll violetter Farbe. Salzsäure färbt carminroth, Millon's Reagens blutroth.

Das Farbvermögen des Blauholzes rührt vom Hämatoxylin ($C_{16}H_{14}O_5$) her, welches aber kein Farbstoff, sondern ein Chromogen ist. Die Verbindungen desselben mit Basen (z. B. mit Ammoniak) nehmen rasch Sauerstoff auf, wobei sich der eigentliche Farbstoff, das Hämateïn bildet. Das geraspelte Blauholz muss daher einer Fermentation unterworfen werden. Es wird grösstentheils zum Schwarzfärben verwendet.

Rothhölzer [1]).

Gegenwärtig kennt man eine grössere Anzahl von Rothhölzern, die aber einen sehr verschiedenen Werth als Farbmaterialien besitzen.

[1]) Die reichhaltige Literatur über die Rothhölzer bedarf noch einer eingehenden Sichtung, die in derselben enthaltenen Angaben einer ausführlichen vergleichenden Nachuntersuchung. Die wichtigsten Arbeiten sind: A. Vogl, Untersuchungen über den Bau etc. Lotos 1873, S. 56 (1—11 des Separat-Abdr.). — Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches. — J. Moeller, Beiträge zur vergl. Anatomie des Holzes, 1876, S. 409 u. 415. — v. Höhnel, Beiträge etc., 1880, S. 78. — E. Praël, Vergleichende Untersuchungen über Schutz- und Kernholz der

Soweit die chemischen Verhältnisse untersucht sind, enthalten die Rothhölzer nur Chromogene und zwar entweder das Brasilin $C_{16}H_{14}O_5$, das sich (in Gegenwart von Alkalien), durch Oxydation in Brasileïn umwandelt — oder sie enthalten Santalin, das nach Weidel, Ganswindt u. a. in sehr naher Beziehung zum Brasilin, bezw. Brasileïn steht.

Die wichtigsten Rothhölzer sind:

1. Fernambuk- oder echtes Brasilienholz, Nicaragua wood, das Kernholz von Caesalpinia echinata Lam., Brasilien.

2. Lima-Rothholz, von Caesalpinia crista L.?

3. Nicaragua-Rothholz von Caesalpinia brasiliensis L.?

4. Rothholz von Caesalpinia tinctoria Benth. (= Coulteria tinctoria H. B. K.) von Chile.

5. Sappanrothholz, asiatisches Rothholz, unechtes Sandelholz von Caesalpinia Sappan L., Ostindien.

6. Rothes Sandelholz, Caliaturholz, von Pterocarpus santalinus L. f., Ostindien.

7. Afrikanisches Rothholz, Camwood, Camba-, Cambal-, Cabanholz, von Baphia nitida Afzel., B. pubescens Hook. f. und anderen Baphia-Arten.

8. Afrikanisches Sandelholz, Bar-wood von Pterocarpus santalinoides L'Hér.

E. Leicht-, Schwimm- oder Korkhölzer.

Eine kleine Anzahl von Hölzern ist durch ein sehr geringes specifisches Gewicht ausgezeichnet, welches sie befähigt, als Schwimmapparat der auf dem Wasser lebenden Bäume zu fungiren. Einige von ihnen finden an Stelle des Korkes Anwendung, ohne aber denselben ersetzen zu können. Denn die hohe Elasticität, Undurch-

---

Laubbäume. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. XIX, 1, 1888. — Th. Jaensch, Zur Anatomie einiger Leguminosenhölzer. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1884, Band II, S. 279. — W. Krah, Ueber die Vertheilung der parenchymatischen Elemente im Xylem und Phloëm der dicotylen Laubbäume. Berlin 1883. — Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreiches. Berlin 1883. S. 465. — A. Vogl, Commentar zur österr. Pharmak. Wien 1892. S. 304. — C. Brick, Beitrag zur Kenntniss und Unterscheidung einiger Rothhölzer, insbesondere derjenigen von Baphia nitida Afz., Pterocarpus santalinoides L'Hér. und Pt. santalinus L. f. Aus dem Jahrb. der Hamburgischen Wissensch. Anstalten VI, 1889. — R. Sadebeck, Die Kulturgewächse der deutschen Kolonien und ihre Erzeugnisse. Jena 1899. S. 324—326. — Tschirch-Oesterle, Anatomischer Atlas etc., Tafel 27, S. 113—114 (Lignum Santali und Lign. Fernambuci).

dringlichkeit und Dauerhaftigkeit, bezw. Widerstandsfähigkeit gegen Zersetzung, welche den echten Kork so sehr auszeichnen, fehlen den Korkhölzern gänzlich. Die meisten gehören zu den Leguminosae — Papilionatae, einige zu den Bombaceen.

Als Korkhölzer sind zu nennen: Ochroma Lagopus[1]), Aeschynomene aspera Willd. (Ostindien)[2]), Nyssa aquatica L. (Tupeloholz, Nordamerika)[3]), Erythrina acanthocarpa E. M.[4]). Letztere stammt aus Südafrika und besitzt ungeheure Wurzeln, die in Blöcken von 2 m Länge und 1 m Umfang unter dem Namen Kaffrarian Marble-Cork in den Handel kommen. Sie sind bräunlichweiss, dreimal leichter als Kork, wenig elastisch und für Flüssigkeiten permeabel. Am Querschnitt nimmt man concentrische Linien wahr, die aus schmalen 2—4reihigen Parenchymbändern bestehen. Die Markstrahlen sind deutlich, sehr zart, bis fünf Zellreihen stark. Die Hauptmasse besteht aus weitlichtigen zartwandigen, reich getüpfelten, radial wie axial gestreckten Zellen. Auch das Mark der Agaven und Furcroyen wird als „Aloeholz" anstatt Kork verwendet. In Slavonien dienen auch die Wurzeln des Süssholzes nach Wiesner zu Stöpseln.

Es ist begreiflich, dass der anatomische Bau der Korkhölzer gegenüber dem der schweren Hölzer grosse Abweichungen zeigen muss. Am besten sind die Hölzer von Herminiera Elaphroxylon Guill. et Perr. (= Aedemone mirabilis Kotschy) und von Aeschynomene bekannt. Das Holz von Herminiera[5]) besitzt keine Jahresringe und besteht hauptsächlich aus weitlumigen, dünnwandigen Zellen (Fig. 144, A), welche im Querschnitte in radialen Reihen, in Längsschnitten stockwerkartig angeordnet sind, sie stellen sechskantige Prismen mit keilförmigen Endflächen (Fig. 144, C, D) dar. „Die Endflächen besitzen eine siebartige Structur, indem sie von zahlreichen Poren durchsetzt sind (Fig. 144, B), an den Längswänden der Zellen finden sich keine oder nur wenig Tüpfel. Der Inhalt der Zellen ist, wie sie vorliegen, Luft (nach Moeller feine spiessige Krystalle). Dieses lockere Holzgewebe wird von tangentialen Bändern aus dickerwandigen Holzfasern von dem gewöhnlichen kleineren Quer-

---

[1]) Wiesner, Rohstoffe, 1. Aufl., S. 578.

[2]) J. Moeller, Bot. Ztg. 1879, S. 719.

[3]) Idem, Realencyklopädie etc., Band 10, S. 115.

[4]) Idem, Pharmac. Centralhalle 1886, S. 240—242.

[5]) Solereder, Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart 1898, S. 312.

schnitt durchsetzt, welche ein Gefäss oder eine kleine Gefässgruppe einschliessen. An der Grenze dieser Querbänder finden sich Uebergangszellen zwischen den Prismen- und Faserzellen und auch die

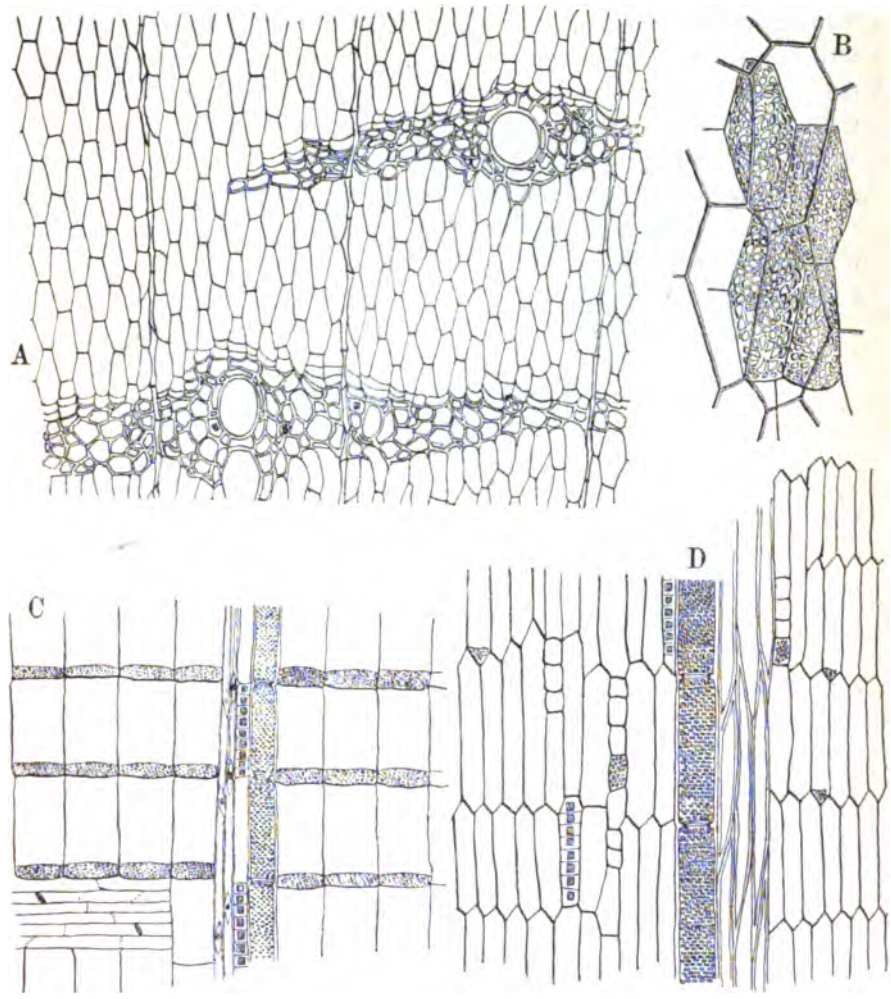


Fig. 144. Holz von Aeschynomene sp. (Solereder). A Querschnitt durch den Holzkörper; B Stück eines Querschnittes, die querdurchschnittenen weitlumigen Faserzellen mit ihren Endflächen zeigend; C Radial-, D Tangentialschnitt. — Der Bau ist dem der Herminiera gleich (s. den Text).

von E. Hallier irrig gedeuteten Krystallkammerfasern. Die Markstrahlen sind gewöhnlich schmal, bis zweireihig, ihre Zellen in radialer Richtung gestreckt und an den Wänden, mit denen sich die in radialer Richtung aufeinanderfolgenden Markstrahlzellen berühren,

ausserordentlich reichlich getüpfelt. Neben den schmalen Markstrahlen kommen in älteren Holzstücken von Herminiera Elaphroxylon auch breitere vor, welche, wie hier gleich bemerkt sein mag, im Inneren einen Gefässstrang aus Spiralgefässen, welche von weiterlumigen Tüpfelgefässen umscheidet sind, enthalten, der mehr oder minder weit gegen das Mark hin verläuft. Kebahn hat nachgewiesen, dass diese Gefässelemente in den breiten Markstrahlen dem Gefässtheil einer Wurzelanlage entsprechen, welche bei Herminiera in der Rinde zwischen je einem breiten Markstrahl und einer demselben an der Stammoberfläche entsprechenden Lenticelle[1]) angelegt wird" (Solereder). Dieselbe Structur besitzt auch Erythrina crista galli L., nur liegen (nach J. Moeller) hier die Gefässe in dem Prismenzellengewebe und nicht in den Holzfaserbändern.

II. Monokotyler Stamm.

Stuhlrohr.

Die geraden, schlanken, cylindrischen, etwa finger- bis zolldicken, sehr zähen und langkletternden Stämme verschiedener Arten der Palmengattung Calamus, welche im malayischen Archipel einheimisch ist, kommen als Stuhlrohr oder spanisches Rohr (Rotang, Rotting, Rotan) von den Sundainseln und den Molukken über Holland, von den Philippinen, Malacca und Hinderindien über Singapore in den Handel. Auch an der Westküste Afrikas, am Niger und in Kamerun findet einiger Rotangexport statt. Die vorzüglichste Qualität liefern die Rotangpalmen im Lande der Battaks auf Sumatra und Bandjermassing auf Borneo. Als „Rohr" liefernde Palmen werden Calamus Rotang L., C. rudentum Lont., C. Royleanus Griff., C. micranthus Bl., C. viminalis W. und der afrikanische C. niger W. genannt. Die „echten Rohrstöcke" stammen von C. Scipionum aus Cochinchina, wo diese Palme Heotau genannt wird.

Die Rotangstäbe sind an der Oberfläche fahlgelb oder bräunlich, zart längsstreifig oder glatt, stark glänzend und so fest (infolge der Kieseleinlagerung in die Epidermis), dass das Messer beim Schaben und Schneiden der Rinde knirscht. Entfernt man die glänzende Aussenschichte, so beobachtet man, dass die inneren Schichten grau- oder röthlichweiss und matt sind und infolge ihrer faserigen Beschaffenheit sich ausserordentlich leicht in dünne Streifen von hoher

[1]) Lenticelle oder Rindenpore, vergl. darüber den Abschnitt Rinden.

Zugsfestigkeit und Elasticität spalten lassen. Darauf gründet sich bekanntlich die Verwendung des Stuhlrohres. Es dient als ausgezeichnetes und höchst dauerhaftes Flechtmaterial: die Streifen der Peripherie mit der glatten Aussenfläche werden zu Geflechten für Rohrsessel, Korbwägen u. s. w. verwendet, die glanzlosen Streifen aus dem Innern der Stäbe dienen zum Ueberflechten von Gefässen, zu

Fig. 145. Calamus Rotang, Stammquerschnitt (Becker, Rees). Aussen Epidermis, im Innern zahlreiche zerstreute Gefässbündel; die äussersten Bündel und Sklereidenstränge (ohne Gefässe). Vergr. 1/60.

Sieben, Körben, Matten, Tauen, zu Luxusartikeln. Der „echte Rohrstock" (echtes spanisches Rohr, Malaccarohr) besteht nur aus einem Schuss (Internodium), darf also keine Knoten (Blattnarben) besitzen. Jedoch werden auch die kurzschüssigen, schwarz geringelten Rohrstöcke, die besonders biegsam und elastisch sind, zu Spazierstöcken verwendet und heissen fälschlich Zuckerrohr. Braungebeizte Streifen von mehreren Decimetern Länge dienen als Surrogat für Piassave; mit Kautschuk imprägnirtes dünnes Rohr heisst Wallosin und wird anstatt des Fischbeins zu Schirmgestellen verarbeitet.

Aus dem Mitgetheilten ist ersichtlich, dass der technische Mikroskopiker in die Lage kommen kann, ein Urtheil darüber abzugeben,

ob ein vorgelegtes Flechtwerk etc. aus Stuhlrohr besteht, oder ob ein anderes Material durch Stuhlrohr ersetzt worden ist. An grösseren Stücken wird in der Regel schon die Untersuchung der äusseren Gestalt die Möglichkeit bieten, das Material zu bestimmen; dünne Streifen werden mit der Lupe und dem Mikroskop untersucht werden müssen.

Schon mit freiem Auge nimmt man wahr, dass der Querschnitt des Rotang zwei Schichten, eine schmale periphere und eine weit

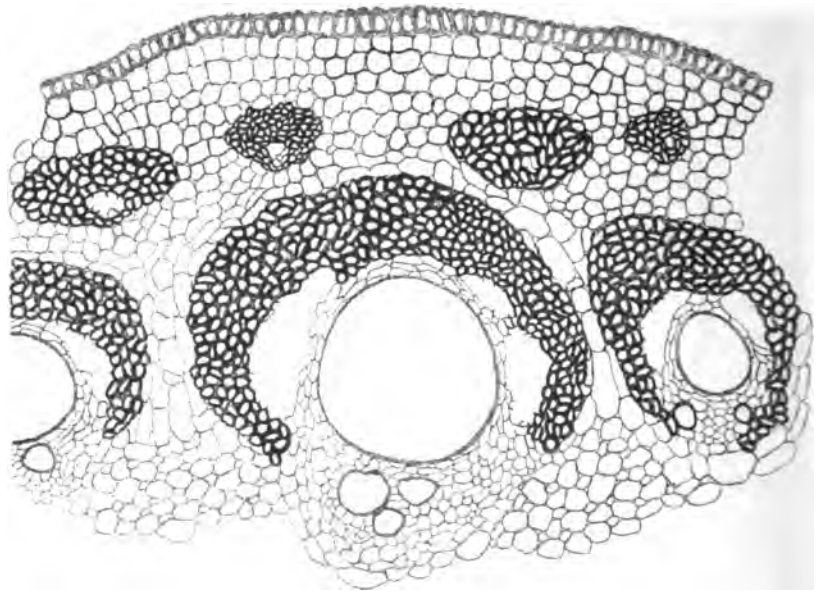


Fig. 146. Calamus Rotang. Stammquerschnitt (Becker, Rees). Eine Partie der vorigen Figur stärker vergrössert. Die äusseren Bündel sind Sklereidenstränge, die inneren vollständige Gefässbündel; jedes enthält ein grosses Netzgefäss in der Mitte, kleinere Spiralgefässe einwärts in Holzparenchym; seitlich befinden sich zwei grosse Siebröhren und aussen ein bogenförmig verlaufender (in der Zeichnung dunkel gehaltener) Sklereiden-(Bastfasern-) Belag. Vergr. 1/350.

grössere innere Schicht unterscheiden lässt. Die letztere erscheint wie ein Sieb durchlöchert. Die Löcher oder „Poren" sind ziemlich gleich vertheilt, ohne eine regelmässige Anordnung zu zeigen, und auch beiläufig von gleicher Grösse; nur gegen die periphere Schicht zu werden sie merklich kleiner und zahlreicher; die periphere Schicht erscheint dem freien Auge dicht, fast homogen und nur hie und da mit einigen sehr kleinen „Poren" versehen.

Viel deutlicher wird die Structur des Rotang bei der Beobachtung mit der Lupe. Jede Pore, welche den Durchschnitt eines

grossen Gefässes darstellt, ist von einem Gewebering umgeben, der nach innen lichter und lockerer, nach aussen dunkler und dichter ist. Dazwischen sind kleinere, ebenso beschaffene Ringe eingeschaltet. Das zwischen den Ringen übrig bleibende Gewebe erscheint locker und lückig. In Fig. 145 sehen wir diese Ringe oder Gruppen in einem gleichartigen Gewebe — das wir als Grundgewebe bezeichnen wollen — eingelagert und bemerken zugleich, dass den der

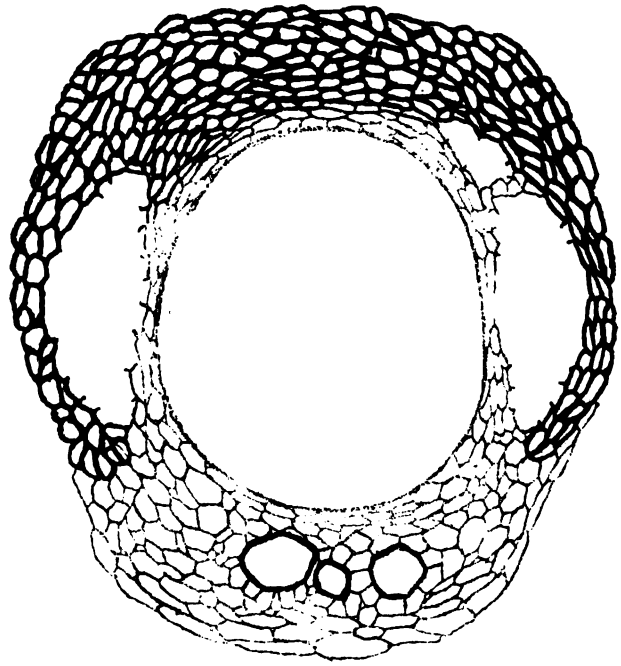


Fig. 147. Calamus Rotang. Querschnitt eines inneren Gefässbündels (Becker, Rees). Figurenerklärung s. Fig. 146. Vergr. 1|350.

Oberhaut nächstliegenden Gruppen häufig das centrale Gefäss fehlt. Die beiden folgenden Zeichnungen (Fig. 146 u. 147) geben uns nun Aufschluss über die Zusammensetzung der Ringe selbst. Zum Verständniss derselben müssen wir aber die Beschaffenheit der verschiedenen Stränge, die im Pflanzenkörper vorkommen, wenigstens in kurzen Umrissen kennen lernen [1]), wobei wir auch einige Aufklärung über das dicotyle Holz erlangen werden.

[1]) Die Darstellung schliesst sich an die von Wiesner (Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 1898, S. 115 ff.) gegebene an, die sowohl in wissenschaftlicher Hinsicht wie in der didaktischen Form und in der klaren und einfachen Ausdrucksweise gleich grosse Vorzüge besitzt.

Die höheren Pflanzenformen (Gefässkryptogamen und Phanerogamen) besitzen einfache und zusammengesetzte Stranggewebe. Die einfachen Stränge bestehen in unserem Falle [1]) aus Sklereiden (Bastfasern), die wir schon im Capitel über die Fasern, z. B. bei der Papiermaulbeerbaumfaser (S. 88) und beim neuseeländischen Flachs (S. 93 und 94, Fig. 74, Q, q) als isolirte Sklereidenbündel kennen gelernt haben. Am Rotang sehen wir sie peripherisch unter der Oberhaut gelagert (Fig. 146).

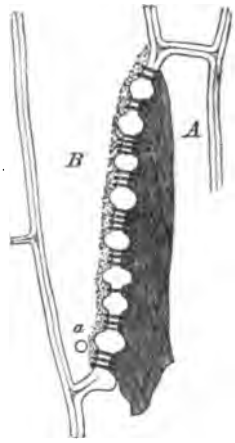


Fig. 148. Siebplatte einer Siebröhre aus der Rinde von Vitis vinifera (de Bary). Vergr. 1,600. Tangentialschnitt durch die leiterförmige Grenzfläche zweier Siebröhrenglieder A und B. In A der durch Alkohol geschrumpfte dichte Schleimpfropf, durch alle Siebporen nach B hinüber stumpfe Fortsätzchen sendend, a ein Stärkekörnchen.

Die zusammengesetzten Stranggewebe werden als Gefässbündel (im weitesten Sinne) bezeichnet und bestehen immer aus zwei scharf geschiedenen Theilen, dem Phloëm (Basttheil, Siebtheil, Leptom) und dem Xylem (Holz-, Gefäss-, Vasaltheil, Hadrom) [2]). Das Phloëm ist durch die sog. Siebröhren (Fig. 148) charakterisirt. Dieselben sind wie die Gefässe durch Fusion senkrecht aufeinanderfolgender Zellen entstanden, — wobei aber auch Längstheilungen stattfinden (vergl. unten „Geleitzellen“) — und durch siebartig durchlöcherte Querwände, die Siebplatten, gegliedert; seltener finden sich auf den Seitenwänden der Siebröhren solche Siebplatten vor. Die Siebröhren stellen sonach gewissermassen die Gefässe des Phloëms dar. Ausser den Siebröhren besitzt das Phloëm noch Parenchym (Phloëm-, Bastparenchym), und in sehr vielen Fällen lehnt sich an das Phloëm ein Bastfaserstrang an, „weshalb das Phloëm früher auch als Basttheil des Gefässbündels bezeichnet wurde, eine Bezeichnung, von der man abgegangen ist, weil nicht die Bastzelle (Sklereide), sondern die Siebröhre das charakteristische Element des Phloëms bildet“ (Wiesner). Nun wird uns auch klar, was die Bastfasern „Flachs“, „Hanf“ etc. in Bezug auf ihr Auftreten im Stamme ihrer Pflanzen bedeuten.

Das Xylem besitzt als massgebende Gewebeform die Gefässe oder deren Ersatzform, die Tracheiden; ausserdem ist es sehr häufig

[1]) Ausserdem gibt es noch Kollenchym- und einfache Siebröhrenstränge.

[2]) Daher der Ausdruck Hadromal, vergl. S. 96.

mit Libriform, als dem mechanischen Factor, versehen. Die erste Anlage des Gefässbündels ist aus dünnwandigen, theilungs- und wachsthumsfähigen (Cambium-)Zellen zusammengesetzt und stellt das Procambium dar. Geht dieses vollständig in Xylem und Phloëm, also in Dauergewebe über, so entsteht ein Gefässbündel, das sich nicht mehr vergrössern kann und als geschlossenes Gefässbündel bezeichnet wird. Solche Gefässbündel besitzen die Monocotylen und von solchen ist daher beim Stuhlrohr die Rede. Bleibt aber zwischen dem Holz- und dem Basttheil des Gefässes noch eine Schichte theilungsfähiger (Meristem-)Zellen als Cambium übrig, so kann aus diesen in den aufeinanderfolgenden Vegetationsepochen stets einerseits Xylem, andererseits Phloëm hervorgehen — es bilden sich im Holzstamm die „Jahresringe" bezw. „Jahreskegel" (vergl. S. 158—159) — und diese Kategorie hat man offenes, ungeschlossenes Gefässbündel genannt. Dasselbe lässt demnach nicht nur Xylem und Phloëm, sondern auch das bildungsfähige Gewebe, das Gefässbündelcambium unterscheiden.

Wir verstehen nun, was es besagt, dass das Stuhlrohr geschlossene Gefässbündel besitzt. Dasselbe zeigt in seinem Xylemtheil ein grosses Centralgefäss (Fig. 146 und 147) und mehrere kleinere Spiralgefässe. Das grosse Gefäss besitzt eine netzförmige Verdickung. Zu beiden Seiten des Centralgefässes finden wir grosse Siebröhren und spärliches Phloëmparenchym; ein mächtiger, im Querschnitt bogen- oder sichelförmig verlaufender Belag von stark verdickten Sklereiden (Bastfasern) umsäumt das Gefässbündel als ein Schutzmantel, der zugleich die Zugs- und Biegungsfestigkeit des Stammes bewirkt. Das Gleiche leisten die vorgelagerten Sklereidenbündel.

Die die Siebröhren umgebenden gestreckten Zellen werden nach Wilhelm[1]) Geleitzellen genannt; sie enthalten Protoplasma, aber niemals Stärke, besitzen an den Wandtheilen, mit welchen sie an die Siebröhre grenzen, Tüpfel und sind aus denselben Zellen entstanden, aus welchen sich die Siebröhre gebildet hat. Die zur Herstellung eines Siebröhrengliedes bestimmte Mutterzelle erfährt mehrere Längstheilungen, wodurch verschieden grosse Tochterzellen entstehen; die grösste derselben wandelt sich zum Siebröhrengliede um, die übrigen stellen die Geleitzellen dar.

Endlich ist noch zu bemerken, dass in manchen geschlossenen Gefässbündeln ein Theil des ursprünglichen Cambiums den Charakter

[1]) Wilhelm, Beiträge zur Kenntniss des Siebröhrenapparates. Leipzig 1880.

eines Dauergewebes annimmt, dessen Zellen also keine wesentliche Formveränderung erfahren, frei von Tüpfelung und Verdickung bleiben und plasmatische Inhaltsstoffe führen. Man nennt diesen ständig gewordenen Cambiumtheil Cambiform, die Zellen Cambiformzellen.

Das Grundgewebe, in welchem die Gefäss- und Sklereidenbündel eingebettet sind, besteht aus Parenchymzellen.

Handelt es sich um den stricten Nachweis, dass ein vorliegendes kleines Object vom Stuhlrohr stammt, so kann auch die Epidermis, falls sie an dem Objecte vorhanden ist, zur Diagnose herangezogen werden, weil sie ein recht charakteristisches Bild darbietet. Einstweilen genüge es, das anatomische Verhalten derselben hier kurz zu besprechen. In dem die Blätter behandelnden Capitel wollen wir uns näher über die Beschaffenheit der Oberhautzellen informiren.

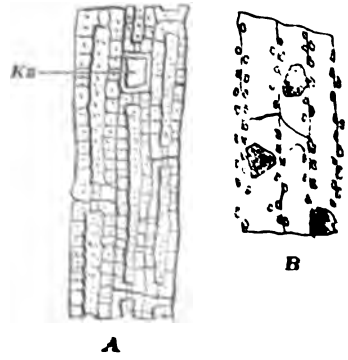


Fig. 149. Oberhautstück des Rotangstammes von der Fläche gesehen. A in Kalilauge, Kz Kurzzelle. — B nach der Veraschung zurückgebliebenes Kieselskelet. Vergr. 180.

Die Oberhaut des Rotangstammes besteht aus langgestreckten, rechteckig contourirten, stark verdickten und verkieselten Zellen (Fig. 149, A), zwischen welchen ziemlich reichlich Kurzzellen und vereinzelt auch Spaltöffnungen eingeschaltet sind. Verascht man ein Stück des Gewebes, so bleibt ein farbloses Kieselskelet (Fig. 149, B) zurück, an welchem noch die Zellcontouren und längs derselben eine Reihe von Porentüpfeln deutlich sichtbar sind; auch die Lage der Kurzzellen ist noch gut zu beobachten. Die Oberhautzellen sind ziemlich gleich breit (14,4—18 μ), aber sehr verschieden lang, die kürzesten Zellen messen bis 36 μ, die längsten bis 180 μ und darüber.

Andere technisch verwendete monocotyle Stämme liefern noch zahlreiche Palmen, der Bambus (vergl. die analytische Zusammenstellung S. 222), das Zuckerrohr. Am Zuckerrohr sehen wir die Oberhaut des Stammes mit einer Cuticula bedeckt, welche einen Ueberzug von Wachs[1] in Gestalt feiner bis 130—150 μ langer

[1] De Bary, Vergl. Anatomie der Vegetationsorgane, S. 88.

Stäbchen (Fig. 150) besitzt. Sie sind an ihrem unteren, der Epidermis aufsitzenden Theile gerade, am freien Ende hakenförmig gekrümmt. Solche Wachsüberzüge bilden — wenn sie in Körnerform

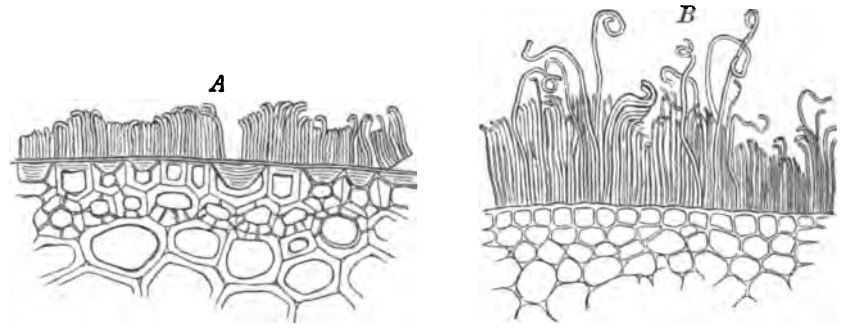


Fig. 150. Querschnitt durch die Peripherie des Stammes von Saccharum officinarum (Zuckerrohr) mit stäbchenförmigen Wachsausscheidungen (de Bary). A Oberfläche eines erwachsenen Internodiums, B eines solchen Knotens.

auftreten — den „Reif" vieler Blätter und Früchte (Pflaumen); in dicken Krusten die technisch verwendeten Pflanzenwachse[1]), wie das Carnaubawachs.

III. Unterirdische Pflanzentheile.

Als solche sind die Wurzelstöcke oder Rhizome, die Knollen, Zwiebeln und die echten Wurzeln zu bezeichnen. Wurzelstöcke stellen unterirdische Stammtheile dar, die Zwiebeln, die aus einer verkürzten Axe und aus fleischigen Blättern bestehen, müssen als Knospenorgane angesehen werden, die Knollen endlich können ihrer Anlage nach entweder dem Stamme oder der Wurzel angehören. Die grossen Verschiedenheiten, die in dem Baue der dicotylen und monocotylen Axen obwalten, gelangen auch in den unterirdischen Pflanzentheilen zum Ausdrucke.

Wir wollen nun an einigen typischen Beispielen den anatomischen Bau dieser Pflanzentheile[2]), deren Bedeutung in technischer Beziehung gegenüber der des Holzes sehr zurücktritt, erörtern.

Curcuma, Gilbwurzel.

Die Curcuma ist eine technisch viel verwendete, hauptsächlich zum Färben von Holz, Papier, Leder, Metallfirnissen gebrauchte

[1]) Vergl. Wiesner, Rohstoffe, 2. Aufl. 1900, S. 522 ff.

[2]) Eine vorzügliche Behandlung der Morphologie und Anatomie dieser Warengruppe bietet A. Meyer, Wissenschaftliche Drogenkunde. Berlin 1891. I. Th., S. 177 ff.

Droge; sie wird in England und in ihrer Heimath auch als Gewürz benützt. Sie stellt den getrockneten Wurzelstock der zu den Zingiberaceen gehörigen Curcuma longa L. vor, die in Südasien einheimisch ist und in zahlreichen tropischen Gegenden, vorzugsweise in Indien, Südchina, auf Java, Reunion cultivirt wird; als beste Sorte gilt die chinesische.

Die Ware besteht grösstentheils aus länglichen, walzenrunden Körpern, denen spärlich ei- oder birnförmige Knollen beigemengt sind. Erstere bezeichnete man früher als lange Curcuma (Curcuma longa), letztere als runde (Curcuma rotunda). Die walzenrunden Körper [1]) sind gerade oder knieförmig gebogen, mitunter mit kurzen Aestchen versehen, längsrunzelig und schwach geringelt, aussen graugelb oder blassgelb, auf der Bruchfläche eben, wachsglänzend, dunkelorange, guttigelb, mitunter sogar grünlichschwarz; wegen ihrer hohen Dichte sinken sie im Wasser unter, wegen ihrer Härte lassen sie sich wie Horn schneiden. Ihre Verwandtschaft zum Ingwer deuten sie durch den ingwerähnlichen Geruch an, der Geschmack ist gewürzhaft; sie färben den Speichel beim Kauen gelb.

Die rundlichen, nur selten in der Droge zu beobachtenden Knollen sind etwa 2—3 cm lang, bis 2 cm breit und dicht mit den Resten von Niederblättern quergeringelt.

Nach der Darstellung von Tschirch [2]) sind die runden Körper gewissermassen secundäre Centralknollen, die wie der primäre aber mit dem Absterben der Vegetationsorgane ebenfalls zu Grunde gehende Hauptknollen Nebenwurzelstöcke (Seitentriebe) tragen. Diese letzteren stellen die lange Curcuma dar. Die runde Curcuma wurde auch als Blattknospeninternodium bezeichnet.

Untersuchen wir den Querschnitt eines solchen Rhizoms (lange Curcuma) mit der Lupe, so können wir in der wachsglänzenden, dunkelgelb gefärbten Grundmasse reichliche hellgelbe Pünktchen und eine hellgelbe runde Linie beobachten. Durch diese Darstellung der äusseren Gestalt und des Lupenbildes ist die Curcuma im ganzen Zustande hinlänglich charakterisirt. Da sie aber häufig als Pulver verkauft wird und nur als solches zur Gewinnung des Farbstoffes Verwendung findet, so müssen wir den anatomischen Bau [3]) derselben näher kennen lernen.

---

[1]) A. Vogl, Arzneikörper (Commentar etc.), 1892, S. 328. — Autor, Nahrungs- und Genussmittel. Cassel 1884. S. 239.

[2]) Tschirch-Oesterle, Anatomischer Atlas etc., Tafel 24 und S. 99.

[3]) Tschirch-Oesterle, l. c. S. 100—102. — Arthur Meyer, Beiträge zur Kenntniss pharmaceutisch wichtiger Gewächse, II. Ueber die Rhizome der

Ursprünglich besitzt das Rhizom eine Epidermis mit zahlreichen Haaren [1]), unter welcher sich ein Periderm entwickelt. In der Droge ist meistens nur dieses aufzufinden. Das Periderm oder die Korkschicht, Korkhaut, bildet sonach die Decke des Wurzelstockes. Dieses Gewebe, dessen wir noch ausführlicher im Abschnitt über die Rinde gedenken werden, besteht aus dünnwandigen, inhaltslosen Zellen, welche streng radial — also in der Richtung des Halbmessers — angeordnet und tangential gestreckt oder abgeplattet sind. Ausser dieser für das Periderm höchst charakteristischen Anordnung diene noch als wichtiges Kennzeichen, dass die Zellwände ohne weitere Vorbehandlung keine Cellulosereaction geben, da sie verkorkt sind, also eine sog. Suberinlamelle besitzen. Dieses Gewebe ist für Luft und Wasser nahezu undurchlässig.

Die Gestalt dieser Zellen ist, von der Oberfläche gesehen, eine ziemlich scharf polygonale, im Querschnitt eine rechteckige; die Zellen stellen demnach sehr kurze, fünf- oder sechsseitige Prismen vor, welche mit der Hauptaxe (im geometrischen Sinne genommen) senkrecht auf die Längsaxe des Rhizoms orientirt sind, oder, anders ausgedrückt, deren Hauptaxen parallel zu dem Radius liegen.

Die histologischen Elemente der Rinde und des Kernes kann man dadurch sehr anschaulich machen, dass man einen zuvor mit starkem Weingeist erwärmten Schnitt ins Wasser legt, erhitzt, mit kaltem Wasser nachspült, eine Spur Kalilauge dazu gibt, wieder auswäscht und schliesslich in Glycerin legt. Hiebei treten die Gefässbündel höchst scharf hervor, die Kleisterballen sind grösstentheils verschwunden und die Harzzellen infolge der vom Kali bewirkten Färbung gut zu sehen.

Untersuchen wir nun das Gewebe, das unter dem Periderm liegt, an Längs- und Querschnitten, so finden wir dasselbe vornehmlich aus dünnwandigen Parenchymzellen zusammengesetzt, die ziemlich gross sind und nur wenig (axial) in die Länge gestreckt sind; mehr nach einwärts sehen wir Gefässbündel auftreten und schliesslich ist das Parenchym durch eine schmale Schicht von tangential gestreckten, verkorkten, dünnwandigen und inhaltslosen Zellen abgegrenzt. Diese Schicht, die wir am Querschnitt mit der Lupe als hellgelbe Linie beobachten konnten, wird als Kernscheide, Endodermis bezeichnet, da sie das soeben beschriebene Parenchym, das

officinellen Zingiberaceen, Curcuma longa etc. Archiv der Pharm., Band 218, 1881, 401—429.

[1]) Tschirch-Oesterle, l. c. S. 100.

kann. Der Farbstoff, dessen Indication auf Alkalien schon längst bekannt ist (Curcumapapier) zeigt folgende Reactionen [1]):

Concentrirte Schwefelsäure: tieforangegelb, dann vom Rande her orangeroth werdend. Endlich rothbrauner Niederschlag; Säure farblos.

Verdünnte Schwefelsäure (1 Tropfen auf 2 Tropfen Wasser): Partiell (vornehmlich in den Secretzellen) carminroth, sonst gelbbräunlich, Säure ungefärbt.

Concentrirte Salzsäure: gelbbräunlich, Säure farblos.

Kalilauge: tieforange, Farbe wird mit der Zeit tiefer, dauerhaft. Alkali gefärbt.

Ammoniak: tiefrothorange, weniger dauerhaft als mit Kali.

Wasser: unverändert, das Wasser farblos.

Trocknet man nach Arthur Meyer (l. c.) dünne Schnitte wiederholt mit einer Auflösung von Borsäure in Salzsäure ein, so werden sie roth; gibt man nun vorsichtig verdünntes Ammoniak unter Vermeidung eines Ueberschusses hinzu, so tritt eine vorübergehende Violettfärbung ein. Der mit Kali orangeroth gefärbte Schnitt wird durch Zusatz einer Säure wieder gelb.

Es erübrigt nur noch, den Bau des Kernes oder Centralcylinders zu besprechen. Sein Grundgewebe ist von dem Parenchym der Rinde nicht verschieden und enthält ebenfalls Stärke- und Secretzellen. Dagegen ist der Kern reich an Gefässbündeln, in welchen meist 2—7, seltener bis 15 Gefässe enthalten sind. Die Gefässe sind entweder Spiralgefässe oder sie sind mit Netzleistenverdickungen versehen. Mechanische Elemente wie Libriformzellen oder anderweitige Sklereiden fehlen durchwegs.

Ueber die Vertheilung der Gefässbündel s. die angezogenen Arbeiten von A. Meyer und Tschirch. Einen ähnlichen Bau zeigt auch der als Gewürz verwendete Ingwer, das Rhizom von Zingiber officinale Roscoe.

Veilchenwurzel [2]).

Obwohl die Veilchenwurzel, das Rhizom mehrerer Irisarten (Iris germanica L., Iris pallida Lam., Iris florentina L.), im

[1]) Tschirch-Oesterle, l. c. S. 93 (Artikel Crocus). Die Reactionen sind im Tropfen auf dem Objectträger auf weisser Papierunterlage ausgeführt; einige Körnchen des Pulvers werden in den Tropfen eingetragen und mit einem Glasstabe umgerührt.

[2]) A. Vogl, Arzneikörper, S. 322. — Tschirch-Oesterle, l. c. Tafel 29 und S. 121. — Hartwich in Realencyklopädie etc., Band V, S. 511.

Grossen und Ganzen als monocotyler Pflanzentheil einen sehr ähnlichen Bau, wie die Curcuma besitzt, so zeigt sie doch einige sehr merkwürdige Verhältnisse in Bezug auf das Vorkommen von Inhaltsstoffen, dass wir dieser Droge einige Aufmerksamkeit schenken wollen.

Die Veilchenwurzel kommt geschält und getrocknet in den Handel. Sie besteht aus einem etwas flachgedrückten, anfänglich traubig, später (nach Absterben des Gipfelsprosses) trugdoldig, und zwar gabelig verzweigten, an den Jahrestrieben eingeschnürten Wurzelstock. Auf der Oberseite sieht man noch die Narben der vorhanden gewesenen Niederblätter in Form von undeutlichen Ringen, auf der Unterseite die kleinen kreisrunden Wurzelnarben. Die Droge ist weiss oder gelblichweiss, hart und schwer, besitzt einen ebenen Bruch und den bekannten veilchenartigen Geruch [1]).

An dem elliptischen bis kreisrunden Querschnitt lässt sich mit der Lupe eine dünne weisse Rinde, eine sehr zarte Kernscheidelinie und ein gelblichweisser Kern unterscheiden, der hauptsächlich in seinem peripheren Theile zahlreiche Gefässbündel zeigt; solche sind auch vereinzelt in der Rinde zu beobachten.

Das ungeschälte Rhizom zeigt wieder als Decke ein typisches, mehrreihiges (bis 25 Schichten) Periderm, das der Droge fehlt. Das Grundgewebe der Rinde und des Kernes ist, wie bei der Curcuma, ein Parenchym, dessen Zellen aber verhältnissmässig dickwandig und reich getüpfelt sind und verschieden grosse Intercellularräume zwischen sich frei lassen. Das unter dem Korke befindliche Gewebe hat einen kollenchymatischen Charakter und besteht sonach aus Zellen, deren Ecken verdickt sind und die eine mechanische Aufgabe zu erfüllen haben. Die Gefässbündel sind in der Rinde collateral, im Kerne dagegen, da das Xylem den centralen Siebtheil mehr oder weniger ganz umschliesst, concentrisch; sie führen Spiral- und Leitergefässe (20—35 μ breit), im Siebtheile sehr deutliche Siebröhren; mechanische Elemente fehlen im Gefässbündel.

Nun wollen wir uns die Inhaltskörper (in einem nur in Wasser

---

[1]) Das frische Rhizom riecht nicht nach Veilchen; erst beim Trocknen entwickelt sich der angenehme Geruch. Wegen desselben dient die Droge zur Herstellung von Parfümerien, Räucher- und Zahnpulvern, zur Destillation des Riechkörpers, zur Beimischung zum Schnupftabak, als Kaumittel für Kinder etc. — Von Interesse ist, dass die Veilchenwurzel auch ein besonderes Glykosid besitzt, das Tiemann und Laire entdeckt und Iridin genannt haben. (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1893, Band 26, S. 2011.)

liegenden) Schnitte ansehen. Das Grundparenchym ist überaus reich an Stärke; die Stärkekörner (Fig. 152, A) sind einfach, seltener zusammengesetzt, länglich, kegelförmig, an der einen Schmalfläche (Basis) abgeplattet oder vertieft, am anderen Ende verbreitert, die grösseren messen 25—50 μ in der Länge, 10—20 μ in der Breite. Sie besitzen eine zwei- oder mehrstrahlige Kernspalte. Die Abplattung oder Vertiefung zeigt jene Stellen an, an welchen die Stärkebildner (Leukoplasten, Amyloplasten, vergl. S. 27) anhafteten. „Wohl bei keiner Pflanze ist diese Ansatzstelle, auch bei ganz alten Stärkekörnern noch so deutlich zu sehen, wie hier, wo die typischen Stärkekörner geradezu durch sie charakterisirt werden" (Tschirch). Ausser Stärkekörnern enthalten die Zellen noch fettes Oel, an Plasma gebunden, ein Weichharz, Spuren eines ätherischen Oeles u. s. w. Beleuchtet man einen Schnitt, so sieht man schon mit freiem Auge zahlreiche Krystalle lebhaft herausglänzen. Die Iriswurzel ist durch das Vorkommen sowohl durch ihre enorme Grösse (Länge 200—280 μ, Breite 25 bis 30 μ), wie durch ihre Gestalt ausgezeichneter Calciumoxalatkrystalle charakterisirt. Die Krystalle sind prismatische, im Querschnitt quadratische oder rechteckige Zwillingsgestalten, an dem einen Ende mit einspringendem Winkel versehen, also schwalbenschwanzartig, am anderen Ende zugeschärft (Fig. 152, B).

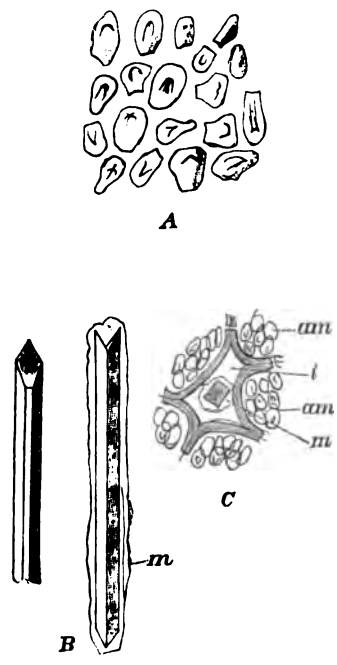


Fig. 152. Inhaltskörper aus der Veilchenwurzel. A Stärkekörner, vorwiegend in den typischen Formen. Vergr. 250. — B Calciumoxalatkrystalle, links ein Bruchstück, rechts vollständiger Zwillingskrystall in der Membrantasche m. — C Intercellularraum aus dem Parenchym, in Wasser, Querschnitt; i Intercellularraum, am Stärkekörner in den den Intercellularraum begrenzenden Parenchymzellen (letztere sind nur zum kleineren Theile gezeichnet); m Membrantasche mit dem darin liegenden Krystall.

Die Krystalle liegen in sehr dünnwandigen, langen, schlauchartigen Räumen (Fig. 152, B, m); was nun diese Schläuche vorstellen, wurde durch die Entwicklungsgeschichte festgestellt. Wir haben oben erfahren, dass im Grundgewebe Intercellularen vorhanden sind. Theile der Zellmembran (der Parenchymzellen) stülpen sich in die Intercellularen ein und in diesen Einstülpungen geht die Ausscheidung und Krystallisation des Kalksalzes vor sich (Fig. 152, C). In der Droge

„sieht man diese Membransäcke auf nach einander mit Salzsäure und Schwefelsäure behandelten Querschnitten sehr deutlich und kann gleichzeitig constatiren, dass sie aus einer äusseren quellungsfähigen, breiteren und einer inneren zarten, cuticularisirten Haut bestehen. Bei Längsschnitten scheint diese Korkhaut den Krystall sackartig zu umgeben und erscheint hier oft länger als der Krystall. In einem Sacke liegt entweder nur ein Krystall oder deren mehrere. ... Man muss diese Bildungen als Membransäcke auffassen, da sie niemals einen Plasmaschlauch enthalten“ [1]).

Mit Hilfe der Stärkekörner und dieser Krystalle ist es demnach nicht schwierig, ein vorliegendes Pulver als Irispulver zu diagnosticiren und dessen Reinheit festzustellen.

Technisch verwendete dicotyle Wurzeln und Wurzelstöcke sind die Alkannawurzel, die Seifenwurzeln, die Sassafraswurzel, (Laurus Sassafras), die Engelwurzel (Archangelica officinalis Hoffm.), die Krappwurzel, die Wurzel von Rumex hymenosepalum (in Arizona Canaigre genannt, enthält 40 Procent Gerbstoff) u. v. a. Eine grossartige Verwendung findet die Cichorienwurzel als bekanntes Kaffeesurrogat. Da dieselbe ein von uns noch nicht erörtertes histologisches Element, die Milchsaftgefässe, besitzt, so wollen wir sie unten näher besprechen. Von den übrigen hier aufgezählten Pflanzenkörpern hat die Krappwurzel die grosse Verbreitung und Bedeutung, die sie einst ihrer Farbkörper wegen besass, fast gänzlich eingebüsst, da bekanntlich ihre Farbstoffe synthetisch hergestellt werden; auch die Alkannawurzel, welche die getrocknete Wurzel von Alkanna tinctoria Tausch (Boraginaceae) darstellt, wird nur als Färbungsmittel für Salben, Pomaden, Haaröle und in der Mikroskopie zur Färbung von harzführenden Gewebeelementen verwendet. Nach A. Vogl [2]) kommt bei uns viel häufiger an ihrer Statt die Wurzel von Onosma echioides L. (als Radix Anchusae luteae, auch von der Provence unter dem Namen „Orsanette“) im Handel vor.

Die Alkannawurzel besitzt eine dünne, brüchige, schaligschuppige, schwarzviolette Rinde, welche den inneren Theil, der aus der Innenrinde und dem Holzkörper besteht, locker umgibt. Die Rinde ist hauptsächlich der Träger des Farbstoffes (Alkannin, Alkannaroth),

[1]) Tschirch-Oesterle, l. c. S. 122.

[2]) Arzneikörper, S. 377.

welcher in Alkohol, Aether, in fetten und ätherischen Oelen mit rother, in Alkalien mit blauvioletter Farbe sich löst. Die Innenrinde besteht aus radial gereihten und dünnwandigen Parenchymzellen und aus dem Siebtheil. „Die äusserste, aus wenigen Zellreihen bestehende Schicht der Innenrinde, schon mit der Lupe als schön rother Streifen sich darstellend, enthält Farbstofftröpfchen und färbt beim Betasten die Finger schön roth. Die Holzbündel sind der Hauptmasse nach aus dünnwandigem Parenchym zusammengesetzt, worin radiale Reihen engerer und weiterer, netzförmig getüpfelter Gefässe eingetragen sind" (Vogl).

Einer ausgedehnteren Verwendung erfreuen sich die Seifenwurzeln [1]). Man unterscheidet die gemeine Seifenwurzel (Radix Saponariae rubrae) von Saponaria officinalis L. und die weisse oder Levantische Seifenwurzel, die man früher von Gypsophila Struthium L. (Spanien) ableitete, gegenwärtig aber nach den Untersuchungen Flückiger's [2]) der Gypsophila Arrostii Gussone (Süditalien) und G. paniculata L. (Kleinasien) [3]) zuschreibt. Die gemeine Seifenwurzel besteht, wie sie im Handel erscheint, theils aus den Hauptwurzeln ein- und zweijähriger Pflanzen (bestes Product), theils aus den Nebenwurzeln, die dem Rhizom älterer Pflanzen entspringen, und aus den Ausläufern. Da die echten Wurzeln in der Regel kein Mark haben, so fehlt dieses auch den echten Seifenwurzeln, während die darunter gemischten Ausläufer, als Stammorgane, ein deutliches Mark oder eine Markhöhle besitzen und ausserdem schon äusserlich durch gegenständige Knoten gekennzeichnet sind. Die Wurzeln [4]) sind nur 4—8 mm dick, aussen rothbraun und zeigen am Querschnitt einen blasscitronengelben, mark- und markstrahllosen Holzkörper. Die Aussenrinde ist von einem Periderm gebildet, die Mittelrinde besteht aus einem Parenchym, die

---

[1]) Hauptsächlich zum Waschen von Wolle, Geweben u. s. w. — Aehnliche Anwendung haben die Zwiebeln der zu den Liliaceen gehörigen, in Californien einheimischen „californischen Seifenpflanze", Chlorogallum pomeridianum Kunth, die im getrockneten Zustande 6,95 Procent Saponin enthalten. Vergl. Amerik. Journ. Pharm. 1890, S. 600 (citirt nach Pharmac. Post 1891, S. 254).

[2]) Archiv der Pharmacie, Band 226, 1890.

[3]) G. paniculata dient bekanntlich neben anderen G.-Arten zu Trockenbouquets und wird bei uns häufig selbst im Grossen (z. B. bei Kirchberg am Wagram in Niederösterreich) cultivirt.

[4]) Ausführliche mikroskopische Beschreibung s. A. Vogl, Zeitschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver. 1865, S. 460 und idem, Arzneikörper, S. 342.

Innenrinde enthält Parenchym und Siebtheile. Das Holz führt dünnwandige Holzfasern und ziemlich grosse Spiroiden. Als Zellinhalt des Parenchyms ist ein form- und farbloser Klumpen zu beobachten, der grösstentheils aus Saponin[1]) besteht. Der directe mikrochemische Nachweis des Saponins kann nach Alexander Rosoll[2]) mit concentrirter Schwefelsäure geschehen, welche die saponinhaltigen Zellkörper erst gelb, hierauf roth und schliesslich blauviolett färbt und auflöst. Auch die Lafon'sche Methode lässt sich, wie der Autor[3]) gefunden, anwenden. Lafon verwendet, um Digitalin nachzuweisen, eine Mischung von Alkohol und concentrirter Schwefelsäure im Verhältniss 1 : 1 und erwärmt die Probe, bis eine Gelbfärbung eintritt; wird nun ein Tropfen verdünnter Eisenchloridlösung zugesetzt, so entsteht eine langanhaltende blaugrüne Färbung. Reines Sapotoxin gibt, wie Kobert gefunden, genau dieselbe Reaction. An der Seifenwurzel zeigt die Rinde nach Erwärmen mit dem Alkohol-Schwefelsäuregemisch zuerst eine rosenrothe, schliesslich violette Färbung, das Holz ist gelbgrün und weist vereinzelte rothe Streifchen auf. Nach Zusatz von verdünnter Eisenchloridlösung wird die Rinde allmälig entfärbt und es bildet sich in der Flüssigkeit ein schwach röthlicher Niederschlag.

Die weisse Seifenwurzel ist viel stärker, als die gemeine und misst im Querdurchmesser 2—4 cm; sie kommt in 1—2 cm lange Stücke zerschnitten im Handel vor, ist aussen bräunlich oder, da das Periderm entfernt wird, weiss und besitzt einen gelblichen, strahligen Holzkörper ohne Mark. Ueber die Anatomie s. Vogl l. c.

Cichorienwurzel.

Die Cichorienwurzel sieht äusserlich sehr verschieden aus, je nachdem sie von wildwachsenden Pflanzen (Cichorium intybus L., Compositae) oder von cultivirten stammt. Durch die Cultur wird die ursprüngliche dünne, meist ästige Hauptwurzel viel stärker, fast möhrenartig und fleischig, indem die mechanischen Elemente zurück-

[1]) Darunter versteht man im Allgemeinen Pflanzenstoffe, die mit einander die glykosidische Natur und die Fähigkeit, in Wasser starkes Schäumen zu verursachen, gemein haben. Nach Kobert aber gibt es amorphe und krystallirende giftige und ungiftige Saponine.

[2]) Beiträge zur Histochemie der Pflanzen, Sitzungsber. der Wiener Akademie 1884, Band 89, I, S. 143.

[3]) Autor, Zur Kenntniss des Vorkommens und Nachweises der Saponinsubstanzen im Pflanzenkörper. Chem. Ztg. 1892, Band 16, Nr. 71 und 72.

treten und das Parenchym der Rinde und des xylemtragenden Theiles sich mächtig entwickelt. In den Handel kommt diese cultivirte Wurzel entweder in Stücke zerschnitten oder als „Cichorie", Cichorienkaffee, eine kaffeebraune bis braunschwarze, etwas feuchte und zusammenklebende pulverige Masse, welche aus der gerösteten und zerkleinerten Cichorienwurzel hergestellt wird. In Frankreich verwendet man dieselbe auch als ein mehr oder weniger feines hellbraunes, ziemlich trockenes Pulver[1]).

Untersucht man den Querschnitt der Wurzel, so lässt sich eine starke graue oder bräunliche Rinde und ein grobstrahliggestreifter centraler Körper unterscheiden. Die mit Kalilauge behandelten Schnitte färben sich sofort lebhaft gelb.

Die äussere Decke ist von einem typischen Periderm gebildet (Fig. 153, VII). Die Zellen sind undurchsichtig, braun, von der Fläche gesehen vier- bis sechseckig, im Querschnitt schmal rechteckig. Darunter liegt das Parenchym, die primäre Rinde oder Mittelrinde, aus ziemlich grossen, dünnwandigen gerundet polyedrischen Zellen zusammengesetzt (Fig. 153, IV, V). Die Innenrinde oder der Basttheil enthält das Phloëm mit Siebröhren und Parenchym und mehrreihige Markstrahlen (Fig. 153, III). In beiden Theilen der Rinde finden sich die Milchsaftgefässe (s. unten) vor. Das Xylem der Cichorienwurzel enthält einigermassen radial angeordnete Gruppen von sehr weiten und engeren Gefässen, die von faserartigen Zellen (Libriformzellen oder Ersatzfasern) begleitet sind. Die Gefässe sind theils kurz-, theils langgegliedert, mitunter gekrümmt und besitzen netzförmig verdickte oder getüpfelte Wände (VI). Die Hauptmasse des Holzkörpers macht das Parenchym aus, dessen Zellen rundlich, gerundet polyedrisch oder tonnenförmig aussehen. Alle Parenchymzellen enthalten Inulin (s. S. 43 und Fig. 153, VIII). Nach A. v. Vogl[2]) bewirkt Jodgrün eine Blaufärbung der Membran der Parenchymzellen, und eine Grünfärbung der Gefässwand; Chlorzinkjod färbt alle Membranen direct blau, die der Gefässe grünlich-

[1]) J. van Seynhaeve, La chicorée, son histoire, sa cultur rationelle, son travail industrielle. Rouleers (J. de Meester) 1895. Der Anbau der Cichorie erfolgte im 18. Jahrhundert zuerst in Holland, später in Deutschland und Oesterreich, in Nordfrankreich und Belgien. Gegenwärtig dürfte Belgien die grösste Menge von Cichorie liefern. In Frankreich werden die in rotirenden Cylindern gerösteten Cichorienstücke, nachdem sie mit 2 Procent Melasse oder Butter versetzt worden sind, gemahlen und gesiebt. Durch das Sieben erhält man vier Sorten: Cichorienpulver, Feinkorn, Mittelkorn und Grobkorn.

[2]) Die wichtigsten vegetab. Nahrungs- und Genussmittel, S. 335.

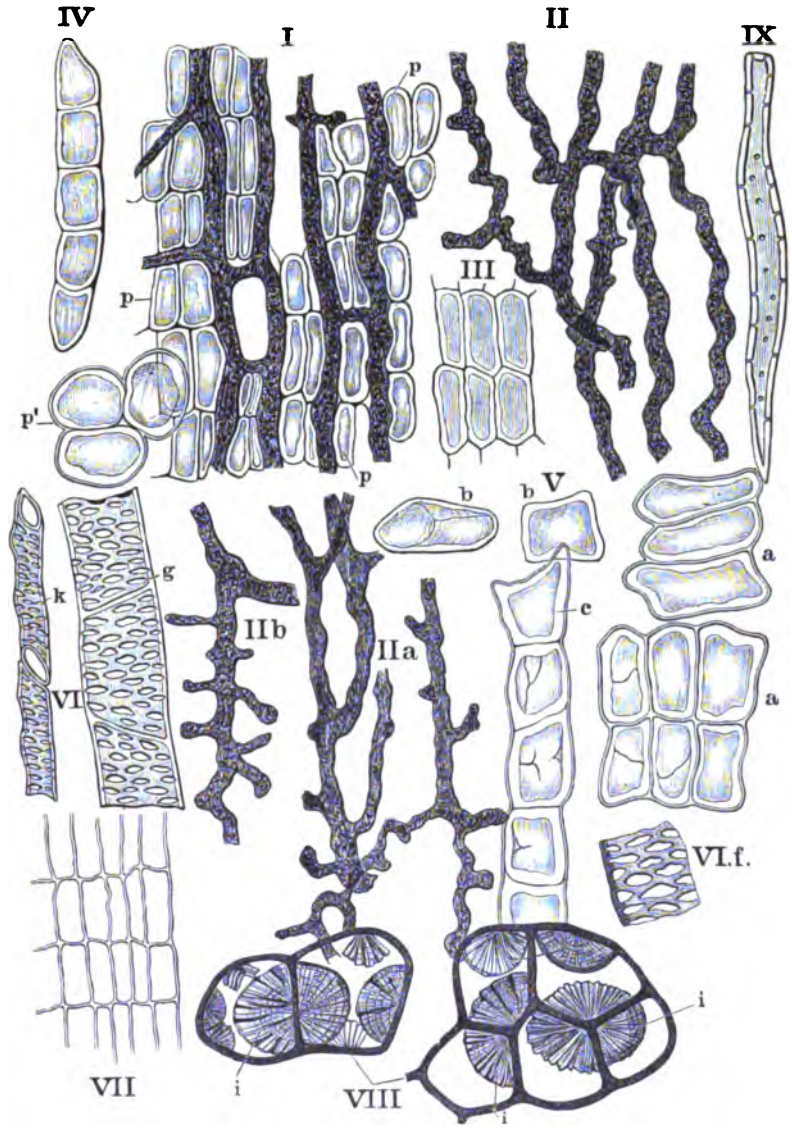


Fig. 153. Gewebselemente des Cichorienkaffees nach Kalibehandlung (mit Ausnahme von VIII). (A. von Vogl). — I Partie der Innenrinde mit netzförmigen Milchsaftgefässen im Phloëmparenchym (p) und einige Parenchymzellen (p') aus der Mittelrinde; II Stücke von netzförmigen Milchsaftgefässen, IIa und b mit besonders vielen blind endenden Aesten; III Phloëmparenchym; IV und V Parenchymzellformen aus der Mittelrinde und den Markstrahlen (a und b), zum Theil in spindelförmigen Complexen (IV und Vc); VI Netzgefässe, engeres k und weites g, f Bruchstück eines solchen; VII Partie des Korkes im Querschnitte; VIII Parenchymzellgruppen aus der getrockneten Cichorienwurzel (Cichorienbrocken), stärker vergrössert, mit Inulin-Sphäriten (i); IX eine selten in Cichorienkaffee vorkommende sklerotische Faser aus dem Holzkörper.

gelb. In den Siebröhren, deren callöse Siebplatten meist deutliche Porencanäle zeigen und mit Hämatoxylin-Safranin nach Kalibehandlung sich schön blau färben, findet man einzelne kleine Stärkekörnchen.

Wir wollen uns nun über die Milchsaftgefässe [1]) informiren. Diese, auch Milchröhren, Milchsaftröhren genannt, sind sowohl Excretionsorgane als auch nach Haberlandt Leitungsorgane. Sie sind zumeist continuirlich weit verzweigte Röhren mit stets unverholzten und unverkorkten Cellulosewänden und bilden in dem Pflanzenorgan, in dem sie vorkommen, bezw. in den betreffenden Pflanzen ein zusammenhängendes System. „In den primären Geweben verlaufen die Milchröhren in den Wurzeln im Siebtheil der Bündel, in den Stengeln, Blattstielen und Blattrippen in der Umgebung der Siebtheile im Phloëmparenchym verstreut, dem Bündel im Längsverlaufe folgend; bei vorhandenem Bastbeleg ausserhalb des letzteren" [2]). Nach ihrer Entwicklungsweise kann man zwei Arten von Milchröhren unterscheiden: Ungegliederte und gegliederte. Erstere, die hauptsächlich bei den Euphorbiaceen, Urticaceen (auch in der Feige), Apocynaceen und Asclepiadaceen auftreten, entstehen aus einer Meristemzelle, die sich durch enormes Längenwachsthum auszeichnet und zugleich Verzweigungen bildet, so dass sie schliesslich einem reich verzweigten Schlauche gleicht, der aber mit den anderen Milchröhren des Organes nicht in Verbindung steht. Ein besonders schönes und leicht zu beobachtendes Beispiel von ungegliederten Milchröhren bietet die Feige und das daraus bereitete Kaffeesurrogat.

Ganz anders verhalten sich dagegen die gegliederten Milchröhren (Fig. 153, I, II). Diese entstehen, ähnlich wie die Gefässe des Xylems, aus Reihen langgestreckter Cambiumzellen, deren Querwände resorbirt werden, so dass sich einheitliche Röhren bilden müssen. Auf diese Weise entstehen die Milchröhren der Cichorie, wie überhaupt aller Compositen aus der Abtheilung der Cichoriaceen [3]), ferner bei den Campanulaceen, den meisten Papaveraceen u. a. In der Cichorienwurzel sind die Milchröhren in radial-strahlige Gruppen angeordnet, wodurch eine radiale Streifung der Rinde bedingt wird.

---

[1]) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 518 ff. Daselbst auch zahlreiche Literaturangaben.

[2]) Tschirch, l. c. S. 520.

[3]) Vergl. A. Vogl, Ueber die Intercellularsubstanz und die Milchsaftgefässe in der Wurzel des gemeinen Löwenzahnes. Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1863.

Der Milchsaft ist eine wahre Emulsion, in der farblosen Flüssigkeit sind sehr kleine Körnchen in überaus grosser Anzahl suspendirt. Bezüglich seiner Zusammensetzung ist bekannt, dass er hauptsächlich Eiweiss, Gummi, Gerbstoff, Pectin und Lactucon enthält.

Die Milchsaftgefässe sieht man besonders deutlich, wenn man Schnitte in lichtgelben Jodalkohol einlegt; sie speichern Jod auf und erscheinen gelb gefärbt.

Die Cichorie wird häufig verfälscht, insbesondere mit gerösteter Zuckerrübe; letztere besitzt keine Milchsaftröhren und lässt sich mikroskopisch leicht an den Krystallsandzellen, die der Cichorie fehlen[1]), erkennen.

IV. Rinden.

Die Rinden dicotyler und gymnospermer Holzgewächse, welche durch hohen Gerbstoffgehalt oder durch das Vorkommen von Farbstoffen, Alkaloiden u. s. w. ausgezeichnet sind, gehören zu den wichtigsten technischen Rohstoffen. Da es, wie bei den Wurzeln, hauptsächlich die Inhaltskörper sind, um deren willen die Rinden Verwendung finden, so gliedert sich auch hier die technisch-mikroskopische Untersuchung wieder in eine Erforschung des histologischen Baues und in eine mikrochemische Feststellung der Art und des Vorkommens der Inhaltskörper. Bei den meisten durch Eintrocknen zusammengeschrumpften Rinden ist eine Erweichung und Quellung durch Kalilauge unumgänglich nothwendig; auch längeres Einlegen in Chloralhydrat führt meist zum Ziele. Zur vollständigen Durchforschung der Rinde müssen die drei bekannten Schnitte, wie beim Holze studirt werden; zur Orientirung genügt häufig der Querschnitt. Für den Anfänger bietet der Bau alter Stammrinden mancherlei Schwierigkeit; es empfiehlt sich daher, zuerst an jugendlichen dünnen Rinden sich die allgemeinen Kenntnisse über die Rindenstructur zu verschaffen.

Schon in den vorhergehenden Abschnitten haben wir erfahren, dass die technische Rinde aus drei Theilen zusammengesetzt ist, zu welchen nur die beiden äusseren, das Periderm und die primäre Rinde zur eigentlichen Rinde gehören, während die sog. Innenrinde den Phloëmtheil des Gefässbündels darstellt. Was nun die Details der histologischen Zusammensetzung betrifft, so wollen wir dieselben an einigen Beispielen erörtern.

[1]) Vergl. auch Paul Jakob in Naturaliste 1897, S. 131 und 153. Nach Jahresbuch der Naturwissenschaft von Wildermann 1898, Band 13, S. 192.

Eichenkork [1]).

Im wissenschaftlichen Sinne ist der Kork oder das Periderm, wie schon oben bemerkt wurde, eine unter der Oberhaut entstehende und dieselbe nach ihrem Abfall vertretende Gewebeform (Aussenrinde) aller dicotylen und gymnospermen Holzgewächse, deren diagnostischer Charakter darin besteht, dass die Zellen regelmässig radial angeordnet sind und durch Einlagerung der Korksubstanz eine grosse chemische Widerstandsfähigkeit erlangt haben. Im technischen Sinne ist Kork oder Pantoffelholz die fast ausschliesslich von der immergrünen Korkeiche (Quercus suber L.) und der sommergrünen spanischen Eiche (Quercus occidentalis Gray) stammende Aussenrinde. Ausser den genannten Eichen, die in den westlichen Küstenländern des Mittelmeeres (besonders in Algier) verbreitet sind, können noch die im Gebiete der Adria vorkommende Quercus ilex L. und die südtirolische Quercus Pseudosuber Santi auf Kork von sehr geringer Güte ausgebeutet werden [2]). Die Korkcultur bedingt die Entfernung des zuerst zur Entwicklung kommenden normalen aber unbrauchbaren „männlichen" Korkes an den jungen Stämmen durch die sog. Demasclage, worauf im äussersten Rindenparenchym eine neue innere korkerzeugende Schicht (Phellogen, Korkcambium) entsteht, die eine energische Neubildung von gutem „weiblichen" Kork hervorruft. Dieser bildet nach zehn Jahren eine 17 bis 26 mm dicke Schicht. Von derselben werden nun Platten abgelöst, wobei selbstverständlich die korkerzeugende Schicht geschont werden muss. Die abgelösten Korkplatten werden auf einander geschichtet, mit Steinen beschwert, getrocknet und durch Abschaben und Feilen zugerichtet; der sog. schwarze Kork ist durch ein Flammenfeuer gezogen. Die vorzüglichsten Sorten kommen von Andalusien und Catalonien; ziemlich gleichwerthig ist algierischer und südfranzösischer Kork.

Die mikroskopische Untersuchung des Korkes erfordert eine sehr einfache Präparation: Man fertigt die bekannten drei Dimensionalschnitte an. Am Quer- sowie am radialen Längsschnitte sieht man schon mit freiem Auge parallel und tangential verlaufende Wellenlinien, gewissermassen die Analoga der Jahresringe, da die von diesen

[1]) Wiesner, Rohstoffe, 1. Aufl. 1873, S. 476.

[2]) Nach Merklin (cit. in Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie, S. 284) wird in Russland die Birke, ähnlich wie die Korkeichen, zur Korkgewinnung herangezogen.

Linien begrenzten Korkschichten in der That dem jährlichen Zuwachs des Korkes, den Jahreslagen entsprechen. Ausserdem finden wir am Korke radial verlaufende eingeschnürt-cylindrische Zellzüge von dunklerer Färbung und ganz verschiedener Structur, die also wie die Markstrahlen eingebettet sind, ohne aber mit diesen sonstwie verglichen werden zu können. In trockenen Korkstücken, insbesondere an den Schnittflächen sind diese Zellcomplexe ganz oder theilweise herausgefallen und hinterlassen entsprechende Hohlräume.

Was stellen nun diese Steinzellenzüge vor? Sie sind Lenticellen[1]) oder Rindenporen. Ihrer Aufgabe nach ist die Lenticelle der Ausführungscanal des inneren Durchlüftungssystems an Stammtheilen, ihrem Baue nach ist sie, wie De Bary (l. c. p. 576) sagt, zu bezeichnen „als eine örtliche, biconvexe, oft sowohl über die Oberfläche als nach innen vorspringende Anschwellung des Periderms, welche sich vor dem übrigen auszeichnet durch luftführende enge Intercellularräume zwischen den abgerundeten Kanten ihrer Kork-, Phelloderm- und Meristemzellen". Die nach aussen gebildeten von Korkzellen abweichenden Zellen werden Füllzellen genannt, die nur in losem Zusammenhang stehen, trocken eine pulverige Masse bilden und beim Eichenkork dadurch zusammengehalten werden, dass die ganze Lenticelle in die zähe feste Korkmasse eingeschlossen und hierdurch vor dem Zerfallen geschützt wird.

Der Eichenkork zeigt somit insoferne eine Ausnahme, als die Lenticellen nicht über die Oberfläche hervortreten (vergl. dagegen die Eichenrinde S. 264), sondern die radial laufenden Säulen bilden. Im Allgemeinen unterscheidet man nach Stahl Lenticellen, die lockere Füllzellen, abwechselnd mit dichteren Zwischenstreifen enthalten, und solche mit enger verbundenen Zellen ohne Zwischenstreifen. — Besonders schön entwickelte Lenticellen zeigt die Hollunderrinde (Sambucus nigra L.), die wohl allgemein bekannt sind. In Fig. 154 sieht man die Füllzellen f, welche die Epidermis (e) aufgesprengt haben und von einer Schicht lebender Zellen, einem Phellogen (v), immer wieder erneuert werden. Zugleich mag hier bemerkt

[1]) Stahl, Entwicklung und Anatomie der Lenticellen. Bot. Ztg. 1873. — G. Haberlandt, Beiträge zur Kenntniss der Lenticellen. Sitzungsber. der Wiener Akademie 1895, Band 72. — De Bary, Vergl. Anatomie, S. 575 ff. — Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 442 ff. — H. Klebahn, Ueber die Structur und die Function der Lenticellen, sowie über den Ersatz derselben bei einigen lenticellenfreien Holzgewächsen. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1883, Band I, S. 113—121. (Daselbst noch reichliche Literaturangaben.)

werden, dass das Phellogen, das nach aussen Kork erzeugt, auch nach innen ein Dauergewebe, das Phelloderm bildet (p). Wir werden später noch Ausführliches darüber mittheilen.

Das eigentliche Korkgewebe besteht aus den Korkzellen, welche im Quer- und im radialen Längsschnitt (Fig. 155) mehr oder weniger rechteckig, im Tangentialschnitt unregelmässig und häufig gerundet-polygonal, meist sechsseitig sind (Fig. 156); mithin sind die Korkzellen prismatische Zellen, deren Prismenbasis parallel zur Tangentialfläche und deren Prismenaxe parallel zum Radius läuft. Die Wände sind sehr dünn, verlaufen wellenförmig, die Lumina sind gross, nur mit Luft

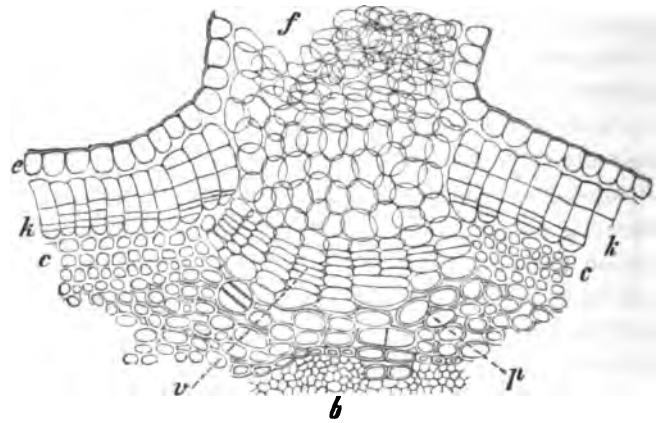


Fig. 154. Aeltere Lenticelle von Sambucus nigra (Stahl, aus Luerssen). Vergr. 1/100. e die unter dem Druck der Füllzellen f gesprengte Epidermis, k junger Kork, v Verjüngungsschicht der Lenticelle (Phellogen), p Phelloderm, b Bast, c Collenchym.

erfüllt; hie und da findet man — in altem Kork — kleine Büscheln von Krystallnadeln. Diese Structur erklärt uns die bekannten physikalischen Eigenschaften des Korkes, seine geringe Dichte, seine Elasticität, sowie die Fähigkeit, insbesondere im feuchten Zustande sich auf ein weit geringeres Volumen zusammenpressen zu lassen. Die Grenze der jährlichen Zuwachszone ist charakterisirt durch mehrere Zellreihen, deren Wände auffallend dicker sind, womit auch eine Verkleinerung der Zellen selbst in Verbindung steht (Fig. 155, J). Wir sehen, dass das Princip der Jahresringabgrenzung — die Verkleinerung der Zellen und des Lumens und die Zellwandverdickung — nicht nur im Baue des Holzes, sondern auch im Baue des Korkes seinen Ausdruck findet. Die Lenticellen werden von Sklereiden gebildet, welche als echte Steinzellen stark verdickte reichlich getüpfelte und verholzte Wände und einen tiefbraunen, das Lumen erfüllenden

Inhalt besitzen (Fig. 156). Da der Zusammenhang dieser Zellen sowohl untereinander, als auch mit dem Korkgewebe im Korke ein sehr loser ist, der schliesslich beim vollständigen Eintrocknen fast ganz aufgehoben wird, so erklärt sich das Herausfallen dieser Sklerenchymmassen. Die Güte des Korkes wird durch dieselben auf das Wesentlichste beeinflusst. Für Korkstöpsel der feinsten Sorte gilt als Regel, dass sie so wenig als möglich eine Lenticellenbildung zeigen und diese in nur sehr geringem Umfange besitzen dürfen. Infolgedessen sind auch die Preisunterschiede solcher feinster Sorten und der groben, lenticellenreichen, zerbröckelnden Korke sehr bedeutend.

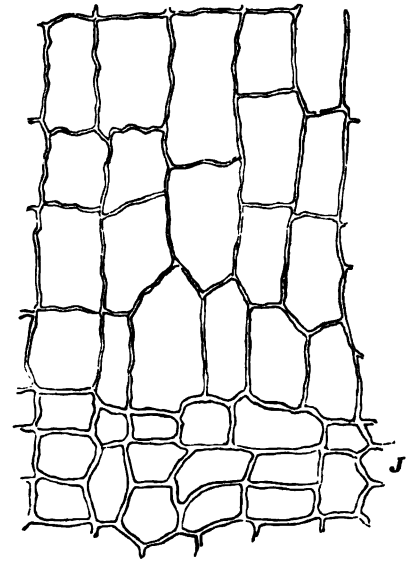


Fig. 155. Partie eines Querschnittes aus Eichenkork. Die Korkzellen in der Längenentwicklung gesehen. Bei J Grenzreihen der vorjährigen Zuwachszone; die Zellen viel schmäler, die Zellwände stärker.

Warum ist der erste, normale „männliche" Kork für die meisten technischen Zwecke unbrauchbar? Die Aussenseite der Korkrinde ist tiefrissig, die Risse verlaufen parallel mit der Stammesaxe und dringen tief und breit-keilartig in das Innere. Diese Partie ist durch besondere Härte ausgezeichnet. Am Querschnitt findet man zu äusserst eine unterbrochene Reihe von Zellnestern, die fast weiss aussehen und aus farblosen sehr stark verdickten Sklerenchymzellen bestehen. Die ersten Korklagen besitzen kleinere Zellen mit dickeren Wänden und verhalten sich auch in der Farbe verschieden von den folgenden Lagen; sie sehen mehr röthlich aus und dieser Farbenunterschied tritt besonders scharf hervor, wenn man auf die Querschnittsfläche starke Kalilauge aufträgt; sofort werden die ersten (1—2) Korklagen röthlich, die folgenden auffallend gelblich; allmälig gleichen sich diese Farbunterschiede aus und schliesslich ist die ganze Fläche gleichmässig gelbbräunlich. In den angeführten Eigenschaften ist also die Ursache der Unbrauchbarkeit des männlichen Korkes zu suchen.

Wir haben nun über die stoffliche Beschaffenheit der Korkzellwände, welche die grossartige Anwendung des Korkes als imper-

meables Verschlussmittel für Luft[1]) und Flüssigkeit bedingt, uns Auskunft zu verschaffen. Aus der Erfahrung ist bekannt, dass der Kork gegen zahlreiche Flüssigkeiten, z. B. gegen Wasser, Alkohol, fette Oele u. s. w. höchst resistent ist, hingegen von concentrirten Mineralsäuren (Schwefel-, Salz-, Salpetersäure), von chlor-, brom- und jodhaltigen Körpern, von Kalilauge, Ammoniakwasser, und den meisten ätherischen Oelen, insbesondere Terpentinöl zerstört wird. Zum Schutze gegen die Einwirkung derselben wird der Kork bekanntlich paraffinirt.

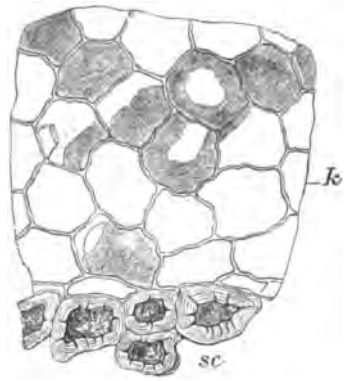


Fig. 156. Partie eines Tangentialschnittes aus Eichenkork. k Korkzellen (in ihrem Querschnitt); bei einigen sieht man Wandstücke in der Fläche; sc Sklerenchymzellen.

Nach den Untersuchungen von v. Höhnel[2]) lassen sich in der Wand der Korkzellen drei verschiedene Schichten unterscheiden: die Mittellamelle, die selbstverständlich den zwei aneinanderstossenden Zellen gemeinsam sein muss, die Suberinlamelle und die Celluloselamelle. Die Suberinlamelle, als die mittlere, liegt zwischen Mittellamelle und Celluloselamelle; letztere grenzt das Zelllumen ab. In der Suberinlamelle, die ursprünglich ebenfalls eine Celluloselamelle darstellt, sei eine incrustirende Substanz, das Suberin vorhanden, welches die Ursache ist, dass die verkorkte Membran bestimmte Reactionserscheinungen mit Kalilauge, dem Schulze'schen Gemische und der Chromsäure zeigt. Concentrirte Kalilauge färbt die Korkzellwände in der Kälte gelb (vergl. oben beim männlichen Kork), stärker

[1]) Nach Kamerling (Bot. Centralbl. 1897, LXXII, S. 54—56) soll der Kork eine verhältnissmässig hohe Luftdurchlässigkeit besitzen. Nach Wiesner und Molisch (Bot. Centralbl. 1889 XXXIX, S. 214—215) lässt die vegetabilische Zellhaut unter Druck stehende Gase nicht filtriren, ... „hingegen ist die verkorkte und verholzte Zellhaut befähigt, auch in lufttrockenem Zustande Gase auf dialytischem Wege durchzulassen". — Lietzmann (Ueber die Permeabilität vegetabilischer Zellmembranen in Bezug auf die atmosphärische Luft, Berliner Dissert. 1887) und Steinbrinck (Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1900, Jahrg. 18, S. 276) halten die Durchlässigkeit des Korkes für sehr gering, womit auch verschiedene praktische Erfahrungen übereinstimmen.

[2]) v. Höhnel, Ueber den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1877, Band 76, I, S. 507 ff. — Vergl. auch De Bary, l. c. S. 114, 118 und 121.

noch bei vorsichtigem Erwärmen; beim Kochen in Kalilauge treten endlich grössere gelbliche Tropfen aus der Membran hervor. Wenn man Korkzellen im Schulze'schen Gemische (Salpetersäure und Kaliumchlorat) längere Zeit kocht, so zerfliessen die Membranen zu ölartigen Tropfen, die als ein Oxydationsproduct des Suberins angesehen und Cerinsäure genannt werden. In concentrirter Chromsäure endlich werden die verkorkten Membranen gar nicht oder erst nach tagelanger Einwirkung gelöst, was bei anderen Membranformen bekanntlich nicht der Fall ist, denn diese werden von der Chromsäure schon nach kurzer Zeit aufgelöst.

In Bezug auf die stoffliche Zusammensetzung des Suberins sind die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen. Kugler[1]) hat nachgewiesen, dass das Suberin der Hauptmasse nach aus einem Fettgemische, dem Glycerinäther der Stearinsäure und dem Glycerinäther der Phellonsäure (Korkfettsäure, $C_{20}H_{42}O_3$) besteht und ausserdem noch einen wachsartigen Körper, das Cerin oder Korkwachs enthält. Zu einigermassen hievon verschiedenen Resultaten ist Gibson[2]) gekommen, welcher gefunden hat, dass die Suberinlamelle keine Cellulose enthält und die rothviolette Färbung, welche man erhält, wenn man die Korkzellen mit Kalilauge und darauf mit Jodzink behandelt, nicht durch die Cellulose, sondern durch die Phellonsäure bedingt ist. Ferner nimmt Gibson an, dass auch primäres Fett im Kork nicht vorkomme, weil kein Fettlösungsmittel im Stande ist, dem Kork auch nur eine Spur Fett zu entziehen. Glycerin ist aber bestimmt vorhanden, die Art seines Vorkommens noch nicht näher bekannt.

Kork dient bekanntlich insbesondere zu Stöpseln (Pfropfen), in dünnen Platten zu Schuhsohlen, zu Korkjacken, zur Ausfütterung von Hüten, zum Auslegen von Insectenkästen, zum Ueberzug von Maschinenbestandtheilen und Mühlsteinen, zur Bereitung des Linoleums, Kamptulikon, der Korksteine, zu Schwimmern für Rettungsgürtel und Fischnetzen, zur Erzeugung von Korkkohle (Spanisch Schwarz) u. s. w. Kein Surrogat vermag den Kork völlig zu ersetzen; wo es sich um Verringerung des spec. Gewichtes handelt, können die Kork-

[1]) Kugler, Der Kork von Quercus Suber. Archiv der Pharmacie 1884, S. 217. — Idem, Ueber die Zusammensetzung des Korkes. Pharmac. Zeitschr. f. Russland, Band 23, S. 60—103. Vergl. auch Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie, S. 177—178.

[2]) Nach dem Ref. von Flückiger, Ueber das Suberin und die Zellen des Korkes in Arch. der Pharm. 1892, Bd. 228, S. 690—700.

hölzer (s. d. S. 231) mitunter in Anwendung kommen. Auch die korkartige Borke der Schwarzpappel (Populus nigra L.) wird hie und da als ein Ersatzmittel des Korkes gebraucht [1]).

Wir haben in dem Abschnitt über die unterirdischen Pflanzentheile den Ausdruck Endodermis kennen gelernt, als eine Zellschichte, die eine Scheidung des peripherischen Theiles einer unterirdischen Axe von ihrem centralen Theil bewirkt. Wie v. Höhnel nachgewiesen hat, sind die Membranen dieser Scheidezellschichte ebenso gebaut, wie die Membranen der echten Korkzellen; ihre physiologische Aufgabe ist demnach mutatis mutandis die gleiche. Was nun die schon oft genannte Cuticula betrifft, so wird für dieselbe bekanntlich allgemein angenommen, dass sie eine verkorkte Lamelle darstellt; sind zwischen der Cuticula, welche die Epidermiszellen überzieht, und einer inneren Celluloseschicht der letzteren noch eine oder mehrere in der Regel weniger stark „verkorkte" Schichten entwickelt, so werden diese als Cuticularschichten bezeichnet. Gegen die Anschauung, dass die Cuticula im Wesentlichen einem Verkorkungsprocess ihren Ursprung verdankt, hat Van Wisselingh [2]), der die Cutinisation von der Verkorkung scharf aus einander hält, eingewendet, dass schon in Bezug auf die Bildungsweise Cutin und Suberin wesentlich von einander verschieden sind. Die Korklamelle entsteht auf der Innenseite der Phellogenzelle (was aber nach den Untersuchungen v. Höhnel's nicht richtig ist), die Cuticula auf der Aussenmembran der Epidermiszelle. Da die cuticularisirten Verdickungsschichten durch Celluloselamellen vom Zellinhalt getrennt sind, so muss das Cutin (falls es im Zellinhalt entsteht, was aber von Van Wisselingh nicht nachgewiesen wird) durch die Celluloselamellen hindurchwandern; die Korklamelle stehe immer in unmittelbarer Berührung mit dem Protoplasma (entgegen dem Befunde von v. Höhnel). Dem Cutin fehlt die Phellonsäure. Nach der Maceration in Chromsäure zeigen die Membranen — mit einer Ausnahme — mit Jodjodkaliumlösung behandelt eine braune oder gelbe Färbung. Wahrscheinlich spielen im Cutin verschiedene Säuren eine

[1]) Moeller, Anatomie der Baumrinden, S. 93.

[2]) Over cuticularisatie en cutine (Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam). Tweede Sectio, Deel III, 1894, Nr. 8. — Dem Autor nur auszüglich bekannt aus Bot. Centralbl. 1896, LXII, S. 234.

wichtige Rolle, die aber mit den aus der Korklamelle gewonnenen im Verhalten gegen Reagentien und in der Structur nur wenig Aehnlichkeit zeigen.

Eichenrinden.

Die grösste Bedeutung für die Gerberei haben die Stamm- und Astrinden verschiedener Bäume, da sie nicht nur hinlängliche Mengen von Gerbstoffen enthalten, sondern auch leicht und reichlich zu beschaffen sind. Für unsere Industrie [1]) sind namentlich die Rinden der mitteleuropäischen Eichenarten wichtig, und zwar der Traubeneiche (Quercus sessiflora Salisb.) und der Stiel- oder Sommereiche (Quercus robur L. = Qu. pedunculata Ehrh.); ausserdem werden noch die Rinden der Zerreiche (Quercus cerris L.) und der Weiss- oder Schwarzeiche (Quercus lanuginosa Lam. = Qu. pubescens Willd.) gewonnen. Die beiden erstgenannten Bäume werden in eigenen Schälwaldbetrieben im Grossen gezogen und liefern eine vorzügliche Ware, die bis zum 25. Jahre wenigstens stellenweise borkefrei bleibt.

Nach dem Alter und der Zurichtung unterscheidet man folgende Sorten [2]): 1. Spiegel- oder Glanzrinde von Stangen unter 10 cm Durchmesser. — 2. Rissige Stangen-, Raitel-, Raidel-, Rauhrinde oder Pfeifenborke von 10—20 cm dicken Stämmen. — 3. Rauhe Stammborke, rauhe Grobrinde. — 4. Geputzte Grobrinde (ohne Borke). Die ersten zwei Sorten zerfallen in Erd-, Mittel- und Gipfelgut, je nach der Region des Stammes; das Erdgut ist als das

[1]) Die Zahl der Gerberrinden ist eine sehr grosse und man kann sagen, dass jedes Land seine ihm eigenthümlichen Rinden verarbeitet. So liefern die südeuropäischen, orientalischen und nordafrikanischen Eichenarten, die afrikanischen und nordamerikanischen Coniferen Gerbrinden (vergl. die vortreffliche Bearbeitung derselben in v. Höhnel, Die Gerberrinden, S. 73—87 und S. 31—84). Für Russland sind die Weidenrinden von Wichtigkeit; die Weltausstellungen haben uns mit zahlreichen exotischen Rinden bekannt gemacht, von welchen besonders die Rinden von Weinmannia glabra L. fil., Malpighia punicaefolia L., Acacia decurrens Willd., Rhizophora Mangle L. u. v. a. hervorzuheben sind. Die Mangle-Colorado-Rinde von Rhizophora Mangle L., deren erste Beschreibung von dem Autor (Die Gerbematerialien Venezuelas, Zeitschr. d. allg. österr. Apotheker-Ver. 1876, Nr. 24) herrührt, scheint gegenwärtig, trotz des Farbstoffes, der in der Rinde reichlich enthalten ist, an Bedeutung zu gewinnen.

[2]) v. Höhnel, Die Gerberrinden, ein monographischer Beitrag zur technischen Rohstofflehre. Berlin 1880. — Wiesner, Rohstoffe, I. Aufl., S. 480. Vergl. auch die Zusammenstellung der Literatur in Lueger's Lexikon der gesammten Technik, Band IV, Artikel Gerbstoffe, S. 586.

gerbstoffreichste das beste. Gute Glanzrinden dürfen nicht aufgesprungen sein, keine Borke besitzen, sollen sog. Pocken (Lenticellen) führen und guten Glanz haben. Die Aussenseite ist silbergrau, die Innenfläche hellbraun oder braunroth, längsstreifig; die Rinde ist im Bruche bandartig-faserig, zähe, fast geruchlos, im feuchten Zustande mit einem Geruche nach Lohe behaftet, der Geschmack stark zusammenziehend. Die Schnittfläche färbt sich mit einer sehr verdünnten Eisenchloridlösung dunkelblau bis schwarzblau. Eichenspiegelrinde enthält 8,5—19,02 Proc. Gerbstoff, 1,59 Proc. Gallussäure, 58,23 Proc. Rohfaser, 8,33 Proc. Apfelsäure, Zucker und Extractivstoffe, 6,31 Proc. Harze und Fette, 2,34 Proc. Eichenroth und 6,77 Proc. Pectinsäure. Für schwere, mehrsätzige Ledersorten ist Eichenrinde (meist gemischt mit Fichtenrinde) eines der geschätztesten Gerbematerialien. Sie kommt in band- oder rinnenförmigen Stücken oder zerschnitten und gestampft im Handel vor.

Zur mikroskopischen Untersuchung[1]) empfiehlt es sich, junge Rinden zuerst zu verwenden; ist man über den Bau im Allgemeinen und über die einzelnen Gewebeformen genügend orientirt, so wird man auch ältere, borkige Rinden vornehmen können. Man fertigt einen Quer- und einen radialen Längsschnitt an, klärt sie mit Kalilauge auf und legt sie in Glycerin, der Bequemlichkeit halber so an einander, dass die Schnitte mit ihren Aussenseiten an einander liegen. Zu äusserst sehen wir nun das Periderm, die Aussenrinde (Fig. 157, k). Die Zellen der ersten äussersten Reihen sind tangential so stark abgeplattet, dass die Lumina nur als schmale bräunliche Strichelchen erscheinen, während die Wände hellgelb sind. An einzelnen Stellen ist dieser Theil des Periderms aufgerissen, die Rissenden sind nach aufwärts (auswärts) gerichtet und an der Rissstelle finden wir eine Gruppe kleiner rundlicher Zellen. Dies ist der Bau einer typischen Lenticelle oder Rindenpore (s. S. 257). Die Zellen der folgenden Peridermschichten sind etwas weniger zusammengepresst und führen einen tiefbraunen Inhalt. Die bekannte radiale Anordnung der Zellen (vergl. Fig. 157 und 158) kennzeichnet das Periderm auf das beste.

Unterhalb desselben finden wir eine weniger deutliche, mehr grau erscheinende, sehr dünne plasmareiche Zellschicht, welche das Muttergewebe des Periderms, das Phellogen darstellt. Bei vielen Rinden erzeugt das Phellogen auch auf seiner Innenseite ein Dauergewebe,

[1]) J. Moeller, Anatomie der Baumrinden, Berlin 1882, p. 63 ff. und die sub Note 2 auf S. 263 angegebene Literatur.

das Phelloderm [1]), das somit die Mittelrinde auf dieser Aussenseite zu vermehren berufen ist. Ein solches Phelloderm finden wir auch

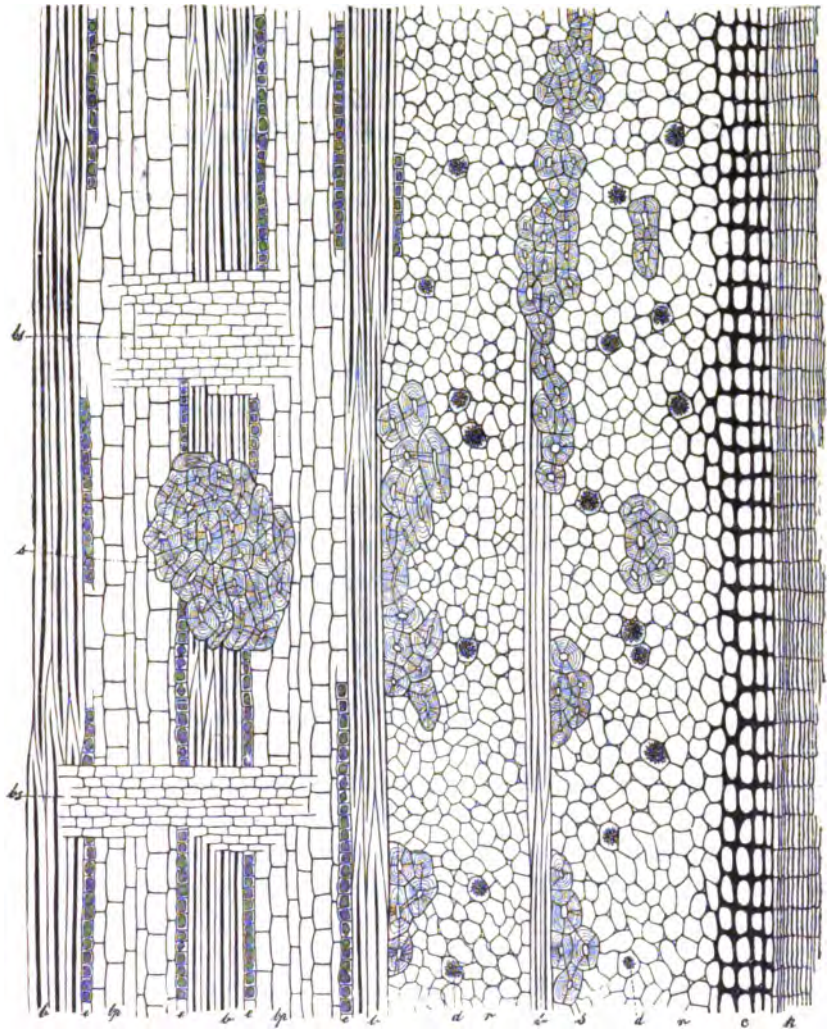


Fig. 157. Radialer Längsschnitt durch die Eichenrinde (Luerssen). k Kork, c Kollenchym, r Rindenparenchym, d Krystalldrusen, s Steinzellen, b Bastfasern, e Krystallkammerfasern, bp Bastparenchym, bs Markstrahlen.

an der Eichenrinde unmittelbar unter dem Phellogen in Form einer 2—3reihigen Schicht echter Kollenchymzellen, die sich durch die

[1]) F. Kuhla, Ueber die Entstehung und Verbreitung des Phelloderms, Bot. Centralbl. 1897, Bd. LXXI, S. 81, 113, 161, 193, 225. — J. E. Weiss, Beiträge zur Kenntniss der Korkbildung, München 1893, S. 53.

starke Verdickung ihrer Ecken als solche kennzeichnen; im Querschnitt sind dieselben ziemlich stark in tangentialer Richtung ausgedehnt, im radialen Längsschnitt dagegen mehr abgerundet rechteckig oder abgerundet quadratisch (Fig. 157, c); ihre hellgelben Wände sind durch lebhaften Glanz ausgezeichnet. Soweit die Beobachtungen reichen, entwickeln sich in der Regel nur drei Zellreihen dieses kollenchymatischen Phelloderms; wo aber z. B. durch Ablenkung eines Astes sog. Druckstellen herbeigeführt worden sind, werden auch bis 20 Reihen ausgebildet [1]). Fast unvermittelt geht das Phelloderm über in das eigentliche Parenchym (Rindenparenchym, primäre Rinde, Mittelrinde), das eine ziemlich breite Schicht bildet und aus im Querschnitt nur sehr wenig gestreckten, im Längsschnitt fast rundlichen, derbwandigen, in der Grösse nicht wesentlich verschiedenen Zellen zusammengesetzt ist (Fig. 157, r); in der frischen Rinde enthalten diese Zellen Calciumoxalat nebst Chlorophyllkörnern; ersteres tritt anfänglich nur in grossen Drusen (je eine in einer Zelle) auf. Ausserdem enthalten viele Zellen bräunliche Massen. Aber nicht alle Zellen dieser Schicht behalten diesen Charakter. Wir finden nämlich Gruppen oder Nester derselben in Sklerenchym-(Stein-)zellen umgewandelt, die ausgezeichnet geschichtet, reich getüpfelt und so stark verdickt sind, dass die Lumina nur auf sehr kleine Räume beschränkt sind. Die Gestalt dieser Sklerenchymzellen ist seltener kubisch, meist unregelmässig rundlich oder etwas gestreckt, auch mit Ausbuchtungen versehen. In dünnen Schnitten sind sie fast farblos. Nicht selten enthalten die an sie gelehnten Parenchymzellen einen grossen rhomboederähnlichen Einzelkrystall (vergl. Fig. 157, s).

Nun zeigt sich uns, wenn wir den Bau des Querschnittes nach innen weiter verfolgen, ein überraschendes Vorkommen: wir sehen eine geschlossene schmale Zone den bisher besprochenen Theil der Rinde von dem inneren wie eine Mauer abgrenzen. Diese Zone, welche von Tschirch [2]) als der gemischte Sklerenchymring und kurz gemischter Ring bezeichnet wird, zeigt sich aus Zellen dreierlei Art zusammengesetzt, was aber dem Anfänger erst bei Betrachtung des Längsschnittes klar werden kann. Am Querschnitte wird derselbe sofort die zahlreichen enge an einander geschmiegten Sklerenchymzellen an ihrer Verdickung, Schichtung und Tüpfelbildung erkennen. Er wird aber auch kleinere meist rundliche Gruppen scharfkantig polygonaler (im Querschnitt!) bis auf ein punktförmiges

[1]) Kuhla, l. c. S. 162.

[2]) Angewandte Pflanzenanatomie S. 389.

Lumen verdickter Zellen beobachten, die er nach dem Studium der Textilfasern mit Bastfaserquerschnitten vergleichen wird. Und dies ist in der That so. Wie der Längsschnitt zeigt, sind zwischen den Sklerenchymzellen Gruppen von langen stark verdickten Bastfasern (Fig. 157, b) eingeschaltet, die man als die primären Bastbündel (vergl. die Zusammenfassung im Artikel „Stuhlrohr", S. 238) bezeichnet. Ausserdem sieht man im Längsschnitt diese Fasern von gekammerten oder gefächerten Schläuchen begleitet, die in jedem Fache (Zelle) je einen monoklinen Einzelkrystall enthalten; es sind dies die sog. Krystallkammerfasern. Mithin erklärt sich der Ausdruck „gemischter Sklerenchymring" von selbst.

Innerhalb dieser Zone zeigt sich uns nun ein ziemlich wechselvolles Bild. Wir finden den gemischten Ring gewissermassen in duplo, aber aufgelöst: grössere und kleinere Gruppen von Sklerenchymzellen, begleitet von Bastbündeln und Krystallkammerfasern und je weiter wir einwärts kommen, desto häufiger treten die Bastbündel auf.

Die Bastfasern sind höchstens bis 25 μ breit, mehrere 100 μ (nach A. Vogl [1]) über 600 μ) lang, etwas verbogen und knorrig, meistens spitz verlaufend, „an den Seiten dicht mit zahnförmigen Kerben versehen, den Eindrücken von den kleinen klinorhombischen Einzelkrystallen von Kalkoxalat, welche in den die Bastfaserbündel dicht umstrickenden Krystallfasern sich finden" (A. Vogl).

Nun wollen wir einen Blick auf das Parenchym in diesem Theil der Rinde (Querschnitt) werfen. Wir bemerken, wie an bestimmten Stellen die Parenchymzellen allmälig die tangentiale Streckung oder überhaupt die isodiametrische Form verlieren und in radialer Richtung sich verlängern; endlich sehen wir solche Zellen, in einer oder zwei radialen Reihen angeordnet, den inneren Theil der Rinde, Streifen oder Strahlen bildend, durchziehen. Diese Zellzüge sind die Rindenstrahlen, das Analogon zu den secundären Markstrahlen des Holzes. Die Gewebe zwischen den Rindenstrahlen sind die Phloëme oder Siebtheile der Gefässbündel, wegen ihres Besitzes von Bastfasern auch Basttheile, Baststrahlen (vergl. S. 238) genannt. Sie bestehen aus den Bastfaserbündeln, aus Bastparenchym und aus Siebröhren, von welchen die letzteren aber im Querschnitt — insbesondere an trockenen Rinden — fast niemals deutlich zu beobachten sind. Am Längsschnitte können wir sie als schmale dünnwandige Streifen erkennen, die etwa

[1]) Arzneikörper, 1892, S. 224.

so breit wie die Bastfasern sind und sowohl quergelagerte als auch seitlich auftretende Siebplatten besitzen.

Verfolgt man den Verlauf eines Baststrahles nach einwärts, so wird man gewahr, dass auf ein mehr weniger viereckig contourirtes Bastfaserbündel eine Partie Bastparenchym, auf dieses wieder ein Bastfaserbündel u. s. w. folgt, somit eine regelmässige Abwechslung vorhanden ist. Aber es tritt noch eine andere höchst auffällige Regelmässigkeit auf. Da in jedem Baststrahl zu gleicher Zeit und in gleicher Lage Bastfaserbündel und Bastparenchym (mit Siebröhren) gebildet werden, so erscheinen die Bastfaserbündel der einzelnen Strahlen in einer tangentialen Reihe geordnet, und bei der regelmässigen Abwechslung der beiden Phloëmbestandtheile muss daher die Innenrinde eine Felderung oder Schichtung zeigen, die für die Eichenrinde höchst charakteristisch ist und schon im Lupenbild deutlich hervortritt[1]). Auch in diesem Theil der Innenrinde enthalten viele Parenchymzellen Oxalatdrusen. Im radialen Längsschnitte kreuzen die Rindenstrahlen die Bastbündel; die Zellen derselben sind in dieser Richtung ziemlich regelmässig rechteckig.

An der Innenseite schliesst nun die Rinde an das Cambium, das bekanntlich nach innen das Xylem bildet, während es nach aussen das Phloëm erzeugt. Es wird nun begreiflich, warum man die gesammte technische Rinde, d. i. Aussen-, Mittel- und Innenrinde, von dem Holzkörper, mit dem sie durch das zartwandige Cambium verbunden ist, namentlich an Aesten mehr oder weniger leicht abziehen kann (z. B. die Weidenrinde), wobei aber das Cambium nicht zerrissen wird, sondern an der Rinde haften bleibt.

Vergleicht man mit dem beschriebenen Bau den einer älteren Eichenrinde (Fig. 158), so bemerken wir in den Partien der Aussen- und Mittelrinde sehr bedeutende Abänderungen. Auch das Aeussere dieser Rinde bietet dem freien Auge eine auffallende Verschiedenheit dar; statt der glatten grauen Rinde, sehen wir eine rissige, zerklüftete Borke. Am Lorbeer- und Orangenbaum, an den meisten oberen Stammpartien der Birke finden wir die Rinde aussen glatt und frei von Rissen und Klüften, es kommt bei diesen zu keiner Borkenbildung. Da die Rinde, wie das Holz, fortwährend neue Zuwachszonen durch die Zellenthätigkeit des Cambiums erfährt,

[1]) Beschreibung von Moeller (l. c.): „Schmale, meist nur 2—4 Reihen breite Bänder von Bastfasern wechseln mit doppelt und dreifach so breiten Schichten von Weichbast ab, welche selbst wieder häufig in Parenchymzellen und Siebröhrenschichten getrennt sind."

so müssen die ausserhalb der secundären Rinde liegenden Gewebezonen, nämlich das Periderm und das Rindenparenchym ebenfalls an Ausdehnung zunehmen, also eine Volumvergrösserung erfahren. Bei dem Periderm ist dies in der That der Fall, dasselbe kann sich

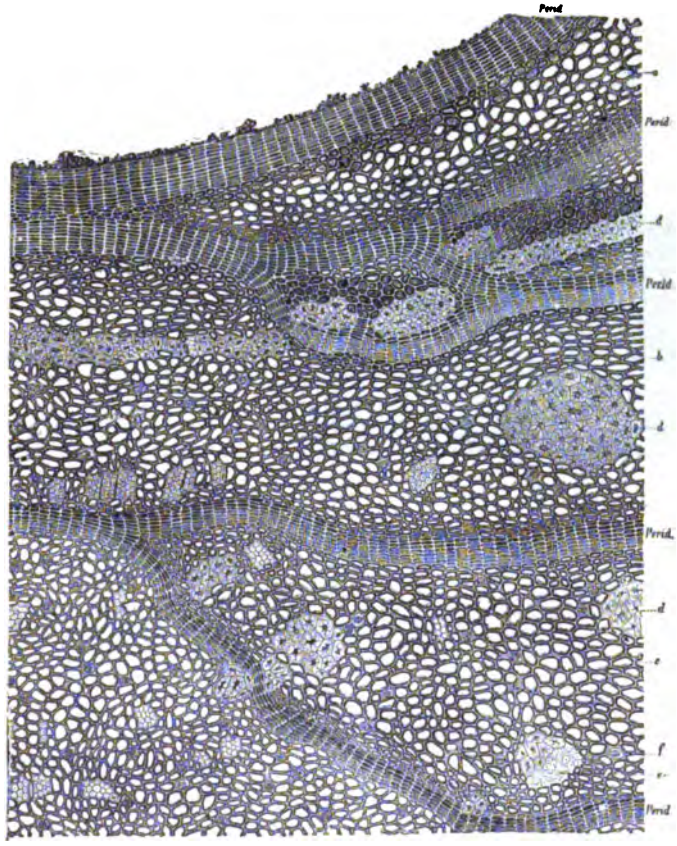


Fig. 158. Querschnitt durch den äusseren Theil der secundären Rinde einer Wintereiche (Kny). a b c Rinden- und Bastparenchym und Siebröhren, d Steinzellen, e Bastfasern, f Zellen mit Calciumoxalat, Perid. Peridermzonen, welche die Borkenschuppen nach innen zu abgrenzen.

vergrössern, weil es ein selbständiges Cambium, das Phellogen besitzt. Bezüglich des Rindenparenchyms, das sich zunächst durch tangentiale Dehnung seiner Zellen verbreitert, ist zu bemerken, dass es auch eine thatsächliche Zellvermehrung durch das Phellogen erfahren kann; dieses nämlich vermag auch nach innen neue Zellen zu erzeugen, die das schon oben (S. 265) erwähnte Phelloderm (vergl. Fig. 158) bilden. Aber bei den meisten Bäumen zeigen sich

bald diese Vergrösserungen zu geringfügig, das Periderm vermag dem Dickenwachsthum der Bäume nach einiger Zeit nicht mehr zu folgen und es verändert seine Wachsthumstendenz; es entstehen in tieferen Rindenschichten neue Peridermlagen (Fig. 158, Perid.), welche die vor ihnen lagernden Mittelrindenpartien und später auch Theile der Innenrinde gewissermassen aus der Rinde herausschneiden und von dem lebenden Theile abtrennen, so dass diese ausgeschnittenen Schichten absterben müssen. Man nennt dieselben die Borke.

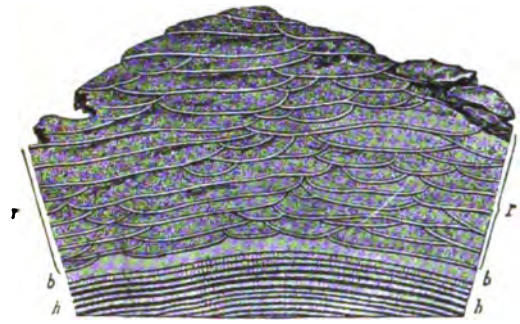


Fig. 159. Schuppenborke der Kiefer (Wilhelm). r Borke, b lebende Rinde, h Holz.

Die Art der Ablösung dieser Borke ist für die Baumart charakteristisch und man unterscheidet Platten,- Schuppenborke etc. Eine ausgesprochene Schuppenborke besitzt die Kiefer. Das Lupenbild Fig. 159 zeigt uns die Peridermschichten, welche schmale linsenförmige Rindentheile — die Borkenschuppen — begrenzen. Die Eichenborke bildet grob zerklüftete, sehr rauhe, eckige Stücke.

Da die Borke arm an Inhaltsstoffen ist, so hat sie in der Regel keine technische Bedeutung[1]); die von der Borke befreiten Rinden nennt man geputzt.

Nachdem wir nun den Bau einer vollständigen (technischen) Rinde kennen gelernt haben, so können wir die Beziehungen derselben zum Gefässbündel und den übrigen Stammgeweben folgendermassen zusammenfassen: Die primäre (Mittel-)Rinde, die Rindenstrahlen, die primären Markstrahlen des Holzes und das Mark sind die Reste des Grundgewebes (dessen ursprüngliche Gliederung in Dermatogen etc. s. im Absatze V, Schlussbemerkungen), in dem die Gefässbündel enthalten sind. Die Innenrinde, bezw. die Baststrahlen sind das Phloëm des Gefässbündels.

---

[1]) Nach v. Höhnel (Gerberrinden, 1880) ist die Hemlockrinde von Abies canadensis Michx. dadurch ausgezeichnet, dass der Hauptsitz des Gerbstoffes die Borke und nicht die lebende Rinde (das „Fleisch" der Gerber) ist. Auch die Scorza rossa, ein Gerbematerial der Mittelmeerländer, ist die Borke der Aleppokiefer, Pinus halepensis Desf.

Quillajarinde (Seifen-, Panamarinde).

Die Quillaja- oder Seifenrinde stammt von einer in Chile einheimischen baumartigen Rosacee, Quillaja Saponaria Molina, und findet wegen ihres reichen Gehaltes an Glykosiden aus der Gruppe der Saponine (vergl. Seifenwurzel, S. 251) als ein vortreffliches Waschmittel für gefärbte Gewebe, für Wolle etc. eine ausgedehnte Anwendung. Da an der Handelsware, wie sie zu uns kommt, hauptsächlich nur die secundäre Rinde erhalten ist, weil die nutzlose Borke zum grössten Theile entfernt worden ist, so können wir bei der mikroskopischen Untersuchung nur die Gewebselemente der Innenrinde studiren. Dieselbe bietet aber gerade dem Anfänger ein ausgezeichnetes Beispiel, an welchem er die ausserordentlich deutlich entwickelten Siebröhren mit den grossen Siebplatten beobachten kann. Denn im Allgemeinen sind die Siebröhren der meisten Rinden nur schwer demonstrirbare Objecte, zumeist sind sie in den primären Siebtheilen so zusammengeschrumpft und obliterirt, dass sie (mit Geleitzellen und Cambiform) im Querschnitt nur einem undeutlichen dichten Streifen gleichen, der keine Details erkennen lässt und Veranlassung gab zur Aufstellung einer besonderen Gewebeart, des Hornprosenchyms oder Keratenchyms[1]).

Die Handelsware[2]) bildet flache, verschieden grosse, bis 8 mm dicke, sehr harte, aussen bräunlichgelbe oder grauliche Platten, welche sehr grobblättrig brechen und mit der Lupe besehen zahlreiche glitzernde Krystalle zeigen. Der Querschnitt erscheint ähnlich wie der der Eichenrinde gefeldert, was dadurch zu Stande kommt, dass die grossen Bastfaserbündel sowohl in radialer wie in tangentialer Richtung eine sehr regelmässige Anordnung zeigen. Diese concentrische Schichtung der Rinde verwischt sich aber, wie J. Moeller bemerkt, bei der mikroskopischen Betrachtung, weil ausser den grossen Bastfaserbündeln auch noch kleinere zerstreut auftreten.

Dass die Felderung auch in radialer Richtung so regelmässig erscheint, hat seinen Grund in dem Vorkommen fast gleich breiter und gerade verlaufender Rindenstrahlen; die Breite derselben beträgt meist vier (nach J. Moeller bis sechs) Zellen, die Höhe ist ver-

[1]) Vergl. darüber und über die Bedeutung als Verschlussmittel Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 346; daselbst auch die darüber handelnde Literatur.

[2]) Wiesner, Rohstoffe, 1. Aufl., S. 495. — A. Vogl, Arzneikörper, S. 249. — J. Moeller, Anatomie der Baumrinden, S. 368, und idem, Realencyklopädie, Bd. VIII, S. 481.

schieden und kann sich bis auf 20 Zellreihen belaufen; die Markstrahlzellen besitzen sehr dünne Wände. Die im Baststrahl auftretenden Bündel von Bastfasern sind nicht selten durch parenchymatische Zellzüge, die gewissermassen secundären Rindenstrahlen gleichen, in zwei oder drei Abtheilungen getrennt. Die Bastfasern sind verbogen oder

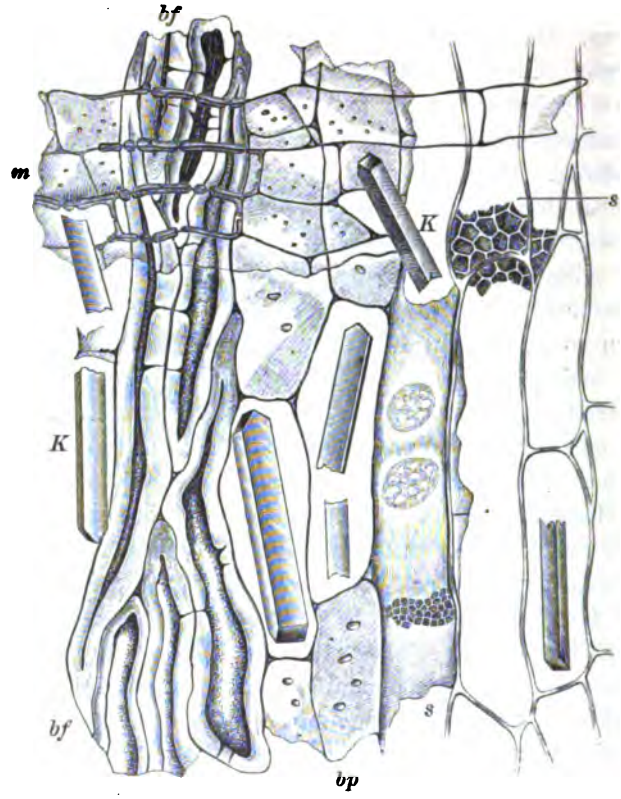


Fig. 160. Radialer Längsschnitt der Quillajarinde (J. Moeller). bf Bastfasern, m Rindenstrahl (Markstrahl), K Krystalle, bp Bastparenchym, s Siebröhren.

knorrig, sehr dickwandig mit mitunter sich verbreiterndem Lumen und getüpfelt (Fig. 160, bf). Die das Bastfaserbündel umgebenden Parenchymzellen sind langgestreckt, dünnwandig und führen jene grossen Krystalle von Calciumoxalat, welche die Quillajarinde so gut kennzeichnen. Die Krystalle sind einfache Prismen oder schwalbenschwanzartige Zwillingsgestalten von meistens 100—160 μ Länge, ausnahmsweise findet man 200 μ lange Prismen (Fig. 160, k). Das Bastparenchym besitzt dünnwandige ziemlich grosse Zellen, von denen einzelne oder zu kleinen Gruppen vereinigte in der nächsten Nähe

der Bastfasern zu Sklerenchymzellen umgewandelt sind. In einem mir vorliegenden Radialschnitt finde ich folgendes Verhalten: Zwischen zwei fast gleich hohen, sehr nahe an einander stehenden Rindenstrahlen mit den bekannten radial langgestreckten vierseitigen Zellen liegt eine anfänglich ein-, dann zweireihige Parenchymschicht, deren Zellen länglichrund und axial etwas gestreckt sind und sich daher von den Rindenstrahlzellen sehr auffällig abheben; diese Schicht beginnt von einem Bastfaserbündel (mit einer Zellreihe) und geht am andern Ende in das Bastparenchym über; in dieser Gruppe sind fünf zusammenhängende, sehr stark verdickte, geschichtete und getüpfelte wie Sklerenchymzellen aussehende Elemente eingeschlossen. Dieses Verhalten wiederholt sich mehrmals regelmässig, die Zahl der verdickten Zellen kann wechseln. Es sind aber keine Steinzellen, sondern schief liegende verbogene Bastfasern der kleinen Bastbündel, die durch den Längsschnitt so getroffen wurden, dass man die Zellen fast in ihrem Querschnitt zu sehen bekommt.

Sowohl im Quer- als auch im Längsschnitt fallen die schön gegitterten Siebplatten der Siebröhren ins Auge. Ein gut aufgeklärter Schnitt zeigt die Siebröhren mit ihren breiten Platten allenthalben, man kann sagen, fast häufig.

Als Inhalt der Parenchymzellen findet man Stärkekörner und farblose Klumpen, die sich in Wasser ohne Färbung und in concentrirter Schwefelsäure zuerst mit gelber, dann mit rother und schliesslich violetter Farbe (Rosoll, vergl. S. 251) auflösen.

V. Schlussbemerkungen.

In dem Abschnitt über das Stuhlrohr sind wir über den Bau der zusammengesetzten Stranggewebe oder Gefässbündel im weitesten Sinne orientirt worden und haben die Bedeutung der Ausdrücke Xylem, Phloëm, Cambium etc. kennen gelernt. Die Anatomie der Curcuma bot uns Gelegenheit, den Unterschied zwischen collateralen, concentrischen und radiären Gefässbündeln festzustellen.

Die Entstehung der Gefässbündel lässt sich an dem Scheitel eines Stammes, an der sog. Vegetationsspitze studiren. An dieser unterscheidet man drei Bildungsgewebe oder Meristeme und zwar das Dermatogen, das Periblem und das Plerom. Aus den ersteren gehen zumeist nur die Hautgewebe (aber auch einfache Stranggewebe), aus dem Periblem die primäre Rinde, aus dem Plerom das Gefässbündel, die Markstrahlen und das Mark hervor. Die zuerst

angelegten Gefässbündel sind bei den Monocotylen zerstreut im Stamme, bei den Dicotylen und Coniferen im Kreise angeordnet. Damit nun ein Stamm dicker werden kann, müssen auch die primären Markstrahlen sich verlängern und ein Theil derselben muss als Cambium fungiren. Dieses verbindet die Cambien benachbarter Gefässbündel und heisst Interfascicularcambium[1]). So erklärt es sich, dass das Cambium einen geschlossenen Ring, den Verdickungsring (S. 162) darstellt; aber auch zwischen den erst angelegten Gefässbündeln schieben sich neue ein, deren Xyleme als Interfascicularholz bezeichnet werden. Im Holzstamme (vergl. Fig. 102 auf S. 156 und Fig. 124 auf S. 185) der Dicotylen wird aber auf diese Weise ein homogener Holzkörper geschaffen, an dem wohl die Markstrahlen vorhanden sind, aber eine deutliche Abgrenzung der Xyleme der einzelnen Gefässbündel nicht mehr zu sehen ist.

Bei krautigen Stengeln der Dicotylen sind entweder nur die ursprünglich entstandenen Gefässbündel vorhanden oder es entwickelt sich ein geschlossener, der Markstrahlen gänzlich entbehrender Holzkörper; endlich können auch Interfascicularcambien auftreten. Mit Rücksicht auf dieses verschiedene Verhalten stellt Wiesner[2]) folgende sechs Typen des normalen Dicotylenstammes auf: 1. Krautiger Stamm ohne Interfascicularcambium. — 2. Krautiger Stamm mit Interfascicularcambium. — 3. Verholzender, mehrjähriger, durch Weiterwachsen der primären Gefässbündel sich verdickender Stamm. — 4. Verholzender, mehrjähriger, durch das Weiterwachsen von primären und Interfascicularbündeln sich verdickender Stamm. — 5. Verholzender Stamm mit geschlossenem Holzkörper, dessen Secundärholz keine Gliederung in Xylembündel mehr erkennen lässt, aber mit Markstrahlen versehen ist. — 6. Krautiger Stamm mit geschlossenem Holzkörper, aber ohne Markstrahlen.

Wir sehen aus dieser interessanten Zusammenstellung, dass unser Holz der Dicotylen dem 5. Typus angehört und dass also diese Art des Baues im Stamme der Dicotylen und gymnospermen Pflanzen nicht die einzige ist.

Bekanntlich dienen die Gefässe[3]) zur Wasserleitung, die Sieb-

---

[1]) Vergl. Wiesner, Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 1898, S. 167 ff.

[2]) Anatomie etc., S. 170.

[3]) An den Tüpfeln der Gefässe und Tracheiden beobachtet man häufig bei einer bestimmten Einstellung einen den Mittelpunkt des Tüpfels durchziehenden Streifen; es können auch zwei sich kreuzende Streifen vorkommen (vergl. S. 168

röhren mit anschliessendem Leitparenchym zum Transporte der plastischen Stoffe, oder anders ausgedrückt, diese letzteren leiten die schon zubereiteten Nahrungsstoffe allüberall dorthin, wo solche zum Aufbaue eines Organes, zum Ersatze verbrauchter Stoffe nothwendig sind; der Ueberschuss wird in eigenen Reservoirs, den Speicherräumen, deponirt. Die mechanischen Elemente, wie die Libriformfasern, die Bastfasern des Phloëms haben bestimmte Festigungsleistungen zu vollführen, sie müssen die Stämme biegungsfest oder zugfest, die Wurzeln druckfest machen.

Da die Gefässbündel der Blätter, die sog. Blattspurstränge in den Stamm hinabsteigen, und die Gefässbündel der Dicotylen dem Blatte und Stamme gemeinschaftlich sind, so stellt jeder Jahreszuwachs des Holzes nichts anderes dar als die physiologische Thätigkeit der gesammten Blätter einer Pflanze in der Vegetationsperiode. Erfolgt demnach ein nochmaliger Blattwechsel in derselben Vegetationsperiode, z. B. infolge von Frostwirkungen im Mai, oder in Spätaustrieben im Herbst („Johannistrieb"), so muss auch ein zweiter Jahresring gebildet werden und es erhält daher der Holzstamm zwei Jahresringe in einer Periode; in der Regel erkennt man den einen derselben ziemlich leicht an dem weit geringeren Umfang (bezw. radialen Breite) und der spärlichen Entwicklung seiner Gefässe. Betrachtet man das Gefässbündel nur von Seite seiner physiologischen Functionen und schaltet man die Theile aus, welche die mechanische Arbeitsleistung vollführen, also beim Xylem das Libriform, beim Phloëm die Bastfaserbündel, so lässt sich die Zusammensetzung eines vollkommen ausgebildeten Gefässbündels durch folgendes Schema[1]) verdeutlichen:

1. Gefässtheil (Holztheil, Hadrom, Xylem zum Theile[2]).
   - a) Gefässe
   - b) Tracheiden

   } Organe der Wasserleitung.
   - c) Holzparenchym: Organe theils zur Leitung von Wasser und plastischen Stoffen, theils zur Speicherung der letzteren.

und Fig. 111). Dieses Vorkommen erklärt sich in der Weise, dass eine Mündung des Tüpfelkanals nicht rund ist, sondern die Gestalt einer schmalen Spalte hat; letztere erscheint dann als Streifen; sind die Kanalmündungen auf beiden Seiten der Wand spaltenförmig, wobei die eine Spalte zur anderen normal steht, so werden sich zwei kreuzende Streifen wahrgenommen.

[1]) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 359.

[2]) Nach der ursprünglichen, von C. v. Nägeli angegebenen Bedeutung umfasst das Xylem auch noch das Libriform, das Phloëm auch noch die Bastfaserbündel.

2. Siebtheil (Leptom, Phloëm zum Theile).
   a) Siebröhren mit Geleitzellen
   b) Cambiform (zum Dauergewebe gewordenes Cambium)

   } Organe der Leitung plastischer Stoffe.

   c) Phloëmparenchym: Organe der Leitung löslicher plastischer Stoffe.
3. Parenchymscheiden, ebenfalls Organe der Leitung plastischer Stoffe.

Beispiele von Untersuchungen aus der Praxis.

1. Unter den Holzuntersuchungen, die von dem technischen Mikroskopiker in der Praxis durchgeführt werden müssen, steht wohl die Bestimmung der Holzart, aus welcher ein Holzpapierstoff erzeugt worden ist, oben an. Besonders häufig sind die Coniferenholzschliffe, bezw. -Cellulosen zu bestimmen, seltener Laubholzarten; von diesen hauptsächlich das Espenholz (Zitterpappel, Populus tremula L.).

Hiezu lässt sich auch folgender Fall aus der Praxis anführen. Eine Partie „rother" schwedischer Zündhölzchen (mit roth gefärbtem Holz) und eine Partie weisser (d. i. ungefärbter) sollten aus einer und derselben Holzart, nämlich Espenholz bestehen. Die Untersuchung ergab aber, dass die weissen Zündhölzchen thatsächlich aus Espenholz, die rothgefärbten aus Fichtenholz erzeugt worden waren. Infolge der Färbung war die Holzart äusserlich und mit freiem Auge nicht gut zu erkennen gewesen.

Pappelholz ist im Allgemeinen mikroskopisch gut charakterisirt. Im Papierstoff (Fig. 161, A) finden wir zunächst zahlreiche Fasern (li), die mässig verdickt sind, verschiedene Demolirungserscheinungen zeigen und höchstens sich dadurch einigermassen specifisch kenntlich machen, dass sie sich gegen das Ende hin plötzlich (unvermittelt) sehr stark verjüngen. Sie sind die Libriformfasern des Espenholzes. Viel wichtigere Leitelemente sind die grossen Gefässe und Gefässglieder, deren gehöfte Tüpfel schmalen Schlitzen gleichen, während die Höfe nur mehr sehr undeutlich zu sehen sind; die Enden der Gefässe sind stumpf und zeigen meist noch recht deutlich eine Leiterperforirung (lp). Endlich findet man gestreckte Parenchymzellen mit starker Verdickung und zahlreichen einfachen kleinen Tüpfeln, welche besonders an den schmalen Enden wie Sieblöchelchen angehäuft sind (m'), und solche Zellen mit grossen, meist in drei Reihen stehenden Lochtüpfeln (m), die oft so eng an einander stossen, dass die Zellwand wie ein zartes Netz aussieht.

Prüft man einen Radialschnitt des Espenholzes (Fig. 161, B) auf seine Gefässe und Markstrahlen, so lässt sich Folgendes feststellen. Die Gefässe besitzen gehöfte Tüpfel mit schlitzartigem Porus und polygonalem, seltener rundlichem Umriss. Im Papierstoff sind durch Quellungen etc. die Tüpfel etwas erweitert und die Höfe undeutlich geworden. Die Markstrahlen setzen sich aus zweierlei Zellen zusammen, analog denen verschiedener Coniferen; die äusseren Zellen führen jene grossen Lochtüpfel, die oben beschrieben worden sind, die inneren einfache sehr kleine Poren und zeigen auch eine unregelmässig contourirte Verdickung; es gibt aber auch Markstrahlen, deren Zellen nur Lochtüpfel besitzen.

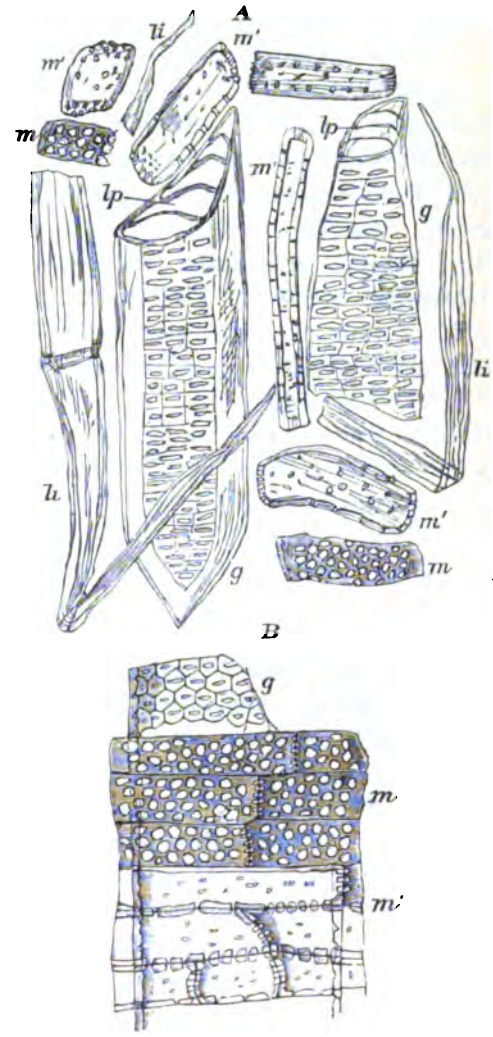


Fig. 161. A Espenholz-Elemente aus Papier. B ein Markstrahlstück aus Espenholz (Populus tremula) mit einem darunter liegenden Gefässtheil in der Radialansicht. — g Gefässe mit Leiterperforirung lp, m Markstrahlzellen mit Lochtüpfeln, m' innere Markstrahlzellen, li Libriformfasern.

Mit Hilfe dieser Leitelemente lässt sich Espenholz auch im Papier sicher bestimmen.

2. Von einer Firma wurden Proben eines Farbholzes vorgelegt, die als Cuba-Gelbholz signirt waren. Schon bei flüchtiger Betrachtung konnte aus dem Vorkommen von Jahresringen, aus der grünlichgelben Farbe und aus dem lebhaften Glanze ersehen werden, dass die Bezeichnung gänzlich falsch sei und das Holz kein Tropenholz, sondern Fiset sein werde. Das Auftreten einer blutrothen Fär

nach Betupfen mit Kalilauge, das Vorkommen zahlreicher Poren (Gefässe) im Frühjahrholz, insbesondere aber das mikroskopische Bild (die zahlreichen Spiraltracheiden) zeigten, dass das vorliegende Holz thatsächlich Fisetholz von Cotinus ist.

3. Es sollte das schön hellbraune Holz eines Cigarrenkistchens bestimmt werden. Ein frischer Querschnitt lieferte den Beweis, dass das Holz gefärbt war, denn im Inneren konnte — trotzdem die Brettchen bekanntlich recht dünn sind — die ursprüngliche helle Farbe sofort bemerkt werden, ferner erwies sich das Holz als weich. Die Markstrahlen waren nur mit der Lupe zu sehen, sehr fein, ziemlich gleichartig, die Gefässe höchst fein und zahlreich im Jahresringe zerstreut. Das Holz wurde als Lindenholz bestimmt und zur vollkommen sicheren Beurtheilung mikroskopisch untersucht und mit Lindenholz identisch gefunden. —

4. Nicht selten wird die Frage gestellt, ob ein vorliegendes Holz im Sommer oder im Winter gefällt worden ist. In den Kreisen der Praktiker herrscht im Allgemeinen die Ansicht, dass das Winterholz dauerhafter sei, als das im Sommer gewonnene Holz. Diese Frage lässt sich nicht leicht sicher beantworten. Es wird häufig angegeben, dass die Speichergewebe im Winterholz Stärke führen; das gilt für viele Hölzer insoferne nicht, als sie ihre Stärke schon vom November an wieder umsetzen und dann mikroskopisch keine oder sehr wenig Stärke nachweisen lassen. Wenn man also in Markstrahlen, Holzparenchym reichlichen Stärkeinhalt nachweisen kann, so lässt sich schliessen, dass das Holz zum mindesten im Spätherbst gefällt worden sein dürfte (vergl. übrigens die Angaben von Meer, S. 194). Die geringere Dauerhaftigkeit des im Sommer geschlagenen Bauholzes, die sich insbesondere darin äussert, dass das Holz leicht vom „Holzschwamm“ (Merulius lacrymans Fr.) befallen werden kann, soll theils in dem grösseren Gehalt von Stickstoffsubstanzen begründet sein, theils aber auch darin, dass z. B. das Holz im April mehr lösliche Aschenbestandtheile besitzt, als im Winter, daher der Pilz, der ein grosses Bedürfniss nach Mineralstoffen hat, dieses im Frühjahre leichter befriedigen kann [1]). —

5. Die Bestimmung des in pulverigen Nahrungs- und Genussmitteln, sowie in gepulverten Gewürzen als Verfälschungsmaterial enthaltenen Sägemehles ist eine leichte Aufgabe, wenn es sich um

---

[1]) Vergl. Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1886. II, S. 259 und 261.

Coniferenholz handelt. Besteht aber das Sägemehl aus einem Laubholz, so empfiehlt es sich, hauptsächlich jene Holzarten damit zu vergleichen, welche bei uns zu Brettern und Fournieren verarbeitet werden, also z. B. Eichen-, Buchen-, Linden-, Eschen-, Nussbaumholz. Ein verfälschtes Zimmtpulver enthielt Buchensägemehl; die in Fig. 119 auf S. 180 gezeichneten Elemente des Buchenholzes geben genügende Anhaltspunkte zur Erkennung desselben. Da nach dem Plane dieses Buches eine ausführliche mikroskopische Beschreibung aller dieser Holzarten ausgeschlossen ist, so soll nur bemerkt werden, dass derjenige, der den über Holz handelnden Abschnitt durchgearbeitet hat, so weit vorbereitet ist, um alle normal gebauten Hölzer untersuchen zu können. Es ist dann Sache des Vergleiches, die fragliche Holzart herauszufinden. —

6. In einem Feigencaffeemuster fanden sich reichlich bräunliche, sehr weiche, elastische Bröckchen vor. Es gelang, nach Fixirung in Kork Schnitte davon herzustellen, die alsbald auf gewöhnlichen Eichenkork hinwiesen. Der Feigencaffee enthielt demnach Korkpulver. Diese Verunreinigung klärte sich dadurch auf, dass die Kiste, in welcher die Ware verpackt war, mehrmals angebohrt wurde, um Muster der Ware entnehmen zu können, worauf man jedesmal die Bohrlöcher mit Korkstöpseln wieder verschloss.

7. Verschiedenen Gewürzpulvern wird rothes Sandelholz als farbverbesserndes(?) Mittel beigemischt. Diese Holzpartikel sind schon an der ziegelrothen Farbe, an der durch Kali bewirkten rothen Lösung des Farbstoffes, an den Libriformfasern und den reichlich gehöft getüpfelten Gefässstückchen zu erkennen.

Fünftes Capitel.

Blätter.

Das Studium der technisch verwendeten Blätter erfordert naturgemäss zuerst die Kenntniss der äusseren Gestaltung des Blattes (Morphologie) und in vielen Fällen reicht diese, insbesondere bei Berücksichtigung des Verlaufes der Blattnerven (Blattrippen) und deren Enden auch bei gröblich zerkleinerten Blättern hin, um die Abstammung einer Blattware feststellen zu können. Die Bedeutung des Nervenverlaufes am Blattrand und in den Blattzähnen ist in

neuerer Zeit hauptsächlich durch die Untersuchungen von Tschirch[1]) und H. Virchow[2]) erkannt worden.

Feinere Blattpulver dagegen können nur mikroskopisch bestimmt werden. Eine zweckmässige mikroskopische Blattuntersuchung muss nach folgenden Gesichtspunkten erfolgen. Zur ersten Orientirung sind Blattquerschnitte anzufertigen in der Weise, dass man ein Blattstück zwischen zwei Korkplatten einklemmt und mit dem Rasirmesser feine Querschnitte herstellt; ist das Blatt trocken, so empfiehlt es sich, dasselbe vorher etwas in Wasser zu erweichen. In vielen Fällen genügt es auch, mehrere Stücke des erweichten Blattes an einen runden Korkstöpsel aussen anzulegen und mit dem Messer von aussen dem Korke zu querzuschneiden. Die Blattquerschnitte müssen nicht nur das Blattmesophyll umfassen, sondern auch den Hauptnerven (wenn ein solcher vorhanden ist) und mehrere Nebennerven. An dem Querschnitt wird man sofort erkennen, ob man es mit einem bifacialen, isolateralen oder mit einem homogencentrischen Blatt zu thun hat. Diese Ausdrücke wurden schon auf S. 25—26 erläutert. Am Querschnitt wird man auch die Gefässbündel (Nerven) studiren können. Mit der anatomischen Untersuchung geht zugleich die Erforschung der Inhaltsstoffe (Chlorophyllkörner, Stärke, Calciumoxalat, ätherisches Oel in Oelzellen etc.) Hand in Hand. Sehr vortheilhaft erweist sich zur Aufhellung der histologischen Elemente das Chloralhydrat. Weiter wird man am Querschnitt den Bau der Spaltöffnungen, der Oberhautzellen mit der Cuticula, der etwa vorkommenden Haare und die Art ihrer Insertion in der Epidermis untersuchen. Dann wird man Flächenpräparate der beiden Oberhautplatten herstellen, indem man mit dem Messer Stücke der Haut abträgt, an erweichten Blättern abzuziehen sucht oder auch, wo es sich mehr um rasche Orientirung handelt, durch Zerquetschen kleiner Blattstücke sog. Quetschpräparate anfertigt. An der Oberhaut beobachtet man ausser der Form der Epidermiszellen noch die Zahl und Vertheilung der Spaltöffnungen, Drüsenbildungen etc. Endlich muss man das anatomische Bild durch die Längsansichten der Gefässbündel vervollständigen.

Das typische Querschnittsbild eines bifacialen Blattes zeigt uns

---

[1]) Tschirch-Oesterle, Anatomischer Atlas, Tafel 3, S. 9 und Tafel 19 S. 73.

[2]) Hans Virchow, Ueber Bau und Nervatur der Blattzähne und Blattspitzen mit Rücksicht auf diagnostische Zwecke im Gebiete der Pharmakognosie. Archiv der Pharmacie 1896, Band 234, Heft 2.

Fig. 21 auf S. 26, ein ebensolches, an welchem noch verschiedene Trichomgebilde entwickelt sind, das Hanfblatt, Fig. 40 auf S. 45. In Fig. 117 auf S. 177 sehen wir im Mesophyll einen lysigenen Oelbehälter, dessen Inhalt das Blatt dem freien Auge wie perforirt erscheinen lässt. Wir finden an diesen Bildern die Epidermis der Ober- und Unterseite, das Palissaden- und das Schwammparenchym; wir haben auch schon die wichtigste Aufgabe des Blattes und seiner Gewebebestandtheile (S. 26)

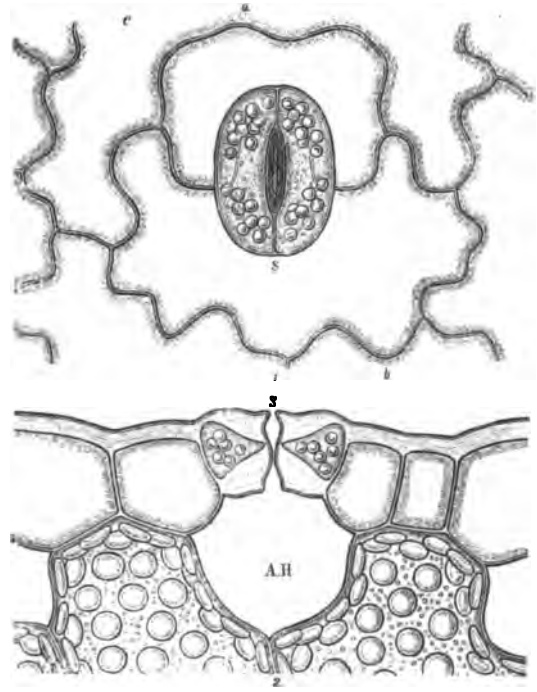


Fig. 162. Oberhaut und Spaltöffnung von dem Thymianblatt (Thymus Serpyllum L.). (Kny) 1. Epidermis und Spaltöffnung von der Fläche gesehen. C Epidermiszelle, a und b Nebenzellen, s Spaltöffnungszellen. 2. Dieselbe im Querschnitt, unter der Epidermis Theile von zwei Chlorophyllkörner führenden Zellen, s Spaltöffnung, AH Athemhöhle.

kennen gelernt. Es erscheint nur noch nöthig, die eigenthümlichen Oeffnungen, welche die Epidermis besitzt, einer kurzen Besprechung zu würdigen. Die Spaltöffnungen werden von zwei, meist halbmondförmigen Zellen gebildet, die zwischen sich einen Raum, den Porus, frei lassen, bezw. denselben verschliessen können. Sie werden gewöhnlich Schliesszellen genannt (Fig. 162, s); die Spalte mündet in einen verschieden grossen Raum, die Athemhöhle (Fig. 162, AH). Eine abweichende Gestalt besitzen die Schliesszellen bei den Gramineen,

Cyperaceen; bei diesen sind sie in der Richtung der Längsentwicklung des Organes gestreckt und eigenthümlich verdickt (vergl. Fig. 78, sp auf S. 105). Die mit den Spaltöffnungszellen unmittelbar in Berührung stehenden Zellen werden als Nebenzellen (Fig. 162, a und b) bezeichnet (s. auch Redoul, Fig. 171). Einen näheren Einblick in den Bau des Spaltöffnungsapparates gewährt der Querschnitt (Fig. 162, 2). Der Querschnitt der Schliesszellen[1]) ist häufig viereckig oder rundlich, seltener ganz unregelmässig. „Diese Unregelmässigkeiten werden vorwiegend von einer sehr mannigfaltigen Ausbildung der äusseren Leiste, weniger von der der inneren bedingt, die ich (Tschirch), da sie ausnahmlos entweder von der Cuticula allein oder von dieser und Cuticularschichten gebildet werden, als Cuticularleisten bezeichnet habe." Sehr bemerkenswerth ist auch die Gestalt des Lumens; dasselbe gleicht im Querschnitt einem gleichschenkeligen Dreieck, dessen Spitze zur Spalte sieht, und dessen Basis die Aussenwand der Schliesszelle bildet, wo dieselbe an die Nebenzelle grenzt. Daselbst ist die Wand sehr dünn und „bildet also ein Hautgelenk, das für das Spiel des Oeffnens und Schliessens der Spaltöffnung von Bedeutung ist". Die Spaltöffnungen öffnen sich im Lichte und schliessen sich im Dunkeln, dasselbe geschieht, wenn der Pflanze reichlich Wasser zur Verfügung steht; in diesem Falle öffnen sich die Spaltöffnungen, bei Wassermangel tritt der Verschluss ein. Die Spaltöffnungen sind also selbstthätige Ventile, die den Gasaustausch automatisch regeln.

Eine besondere Art von Spaltöffnungen sind die Wasserspalten; sie dienen zur Ausscheidung von flüssigem Wasser und ihre Zellen haben keine Fähigkeit, einen Verschluss zu bewirken.

Ueber die diagnostische Bedeutung der Spaltöffnungen bemerkt Tschirch[2]), dass sie in der angewandten Pflanzenanatomie insoferne eine grosse Rolle spielen, „als Form und Vertheilung derselben selbst in Pulvern noch deutlich wahrnehmbar ist, da die Epidermiszellen grosse Cohärenz besitzen und die Epidermis sammt den Spaltöffnungen oft in grösseren Fetzen noch aufzufinden ist. Ihr Bau, ihre Grösse und Vertheilung sind daher schon oft zur Diagnose herbeigezogen worden." Wir werden sehen, dass auch die Sumach-Arten durch die Spaltöffnungen in ausgezeichneter Weise sicher bestimmt werden können.

[1]) Vergl. die ausführliche Behandlung der Spaltöffnungen in Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 431 ff.

[2]) Angewandte Pflanzenanatomie, S. 441.

Sumach [1]) und Redoul.

Sumach, Schmack, Smack, Sumac, Roure, eine zu Gerberei- und Färbereizwecken verwendete Droge, besteht aus den getrockneten und gemahlenen Blättern mehrerer Species von Rhus und enthält gewöhnlich, mitunter sogar reichlich, Blattstiele, Bruchstücke junger Zweige und selbst Blüthen beigemischt. Die in den Mittelmeerländern gewonnene und in Europa ausschliesslich verwendete Waare stammt vom echten Gerbersumachstrauche, Rhus Coriaria L. und von Cotinus Coggygria Scop. (= Rhus cotinus L., vergl. Fisetholz S. 225); eine besondere Sorte stammt vom Redoul oder dem myrtenblättrigen Gerberstrauche, Coriaria myrtifolia L.

Einige in Nordamerika einheimische Arten wie Rhus typhina L. (der Essig- oder Hirschkolbensumach unserer Gärten), Rhus glabra L. und Rhus copallina L. liefern den amerikanischen Sumach, der aber dem europäischen an Güte nachstehen soll, da er z. B. lichtes Leder dunkel färbt.

Die werthvollste Sumachsorte, gemeiniglich als sicilianischer Sumach bezeichnet, stammt von Rhus Coriaria; dieselbe Pflanze liefert auch den spanischen, portugiesischen und den griechischen Sumach. Nach Wiesner sind auch die besseren französischen Sorten aus den Blättern desselben Strauches bereitet. Dagegen ist Coriaria myrtifolia die Stammpflanze des provençalischen Sumachs (von Montpellier), von dem schon du Hamel sagt, dass die Blätter dieses Strauches, mit Eichenrinde gemischt, als Gerbemittel verwendet würden. Der Triester oder venetianische Sumach, sowie der von Ungarn und Südtirol stammt von Cotinus.

Rhus Coriaria enthält wohl die grösste Menge von Gerbstoffen und wird auf Sicilien Anfangs August der Ernte unterzogen; da man nur Schösslinge wachsen lässt, so gestaltet sich die Ernte ziemlich summarisch: die Schösslinge werden nahe dem Boden mit der Sichel abgemäht, an der Sonne getrocknet und entweder mit der Hand oder durch das Dreschen entblättert. Aus dem so gewonnenen Material wird in eigenen Mühlen ein gröbliches Pulver hergestellt,

[1]) Wiesner, Rohstoffe, I. Aufl. 1873, S. 670. — Autor in Realencyklopädie, Band IX, S. 542 ff. — Semler, Tropische Agricultur, Band 2, S. 538. — F. Andreasch, Sicilian. Sumach und seine Verfälschungen. Gerber 1898, Zeitschr. f. angew. Chemie 1898, S. 1154. — Bezügl. des Gerbstoffgehaltes vergl. A. Lidow im Journ. d. russ. phys.-chem. Gesellsch. 1888, und Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1888, XXI, Nr. 18, S. 889.

das man in drei Grössensorten sieht: 1. feiner Sumach I. Qualität; 2. feine Rippen und grobgemahlene Blattstiele; 3. grobe Rippen und Stiele. Das letzte Product wird nicht verwendet, das zweite dagegen noch einmal gemahlen und als feiner Sumach II. Qualität in Umlauf gesetzt. — Eine Abart, Sommacco fimenedda genannt, soll nach Andreasch eine Ware mit weit geringerem Gerbstoffgehalt als die gute Species liefern.

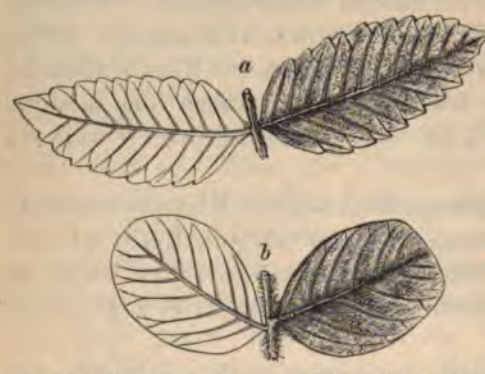


Fig. 163. Fiederblattpaare von Rhus Coriaria. a gezähnte, b ganzrandige Blättchen. Nat. Gr.

Feiner Sumach ist ein graugrünes, verschieden feines, eigenthümlich schwach riechendes, zusammenziehend schmeckendes Pulver, in dem sich, wenigstens in der in unserem Handel gehenden Ware, stets kleine, stielrunde, ocker- oder röthlichgelbe Stengelfragmente befinden, durch deren Anwesenheit, wie es scheint, die Echtheit der Ware documentirt werden soll. Thatsächlich dürften dieselben die Ware minderwerthig machen [1]).

1. Sicilianischer Sumach. Das einfach und unpaarig gefiederte Blatt von Rhus Coriaria trägt 5—8 Paare von Fiederblättchen (meistens 5—6 Paare) und ein unpaares Endblättchen, die entweder eiförmig, länglich eiförmig, kurzspitzig, bald sägezähnig, bald ungleich und kerbig gezähnt [2]) (Fig. 163 a); oder breit eiförmig, eirundlich, abgestutzt, abgerundet und ganzrandig sind (Fig. 163, b). Die Oberseite ist nur wenig, die Unterseite besonders auf der Nervatur weich flaumig behaart und drüsig, ebenso auch der Blattstiel. Von dem mässig starken Mittelnerv ziehen 7—12 schwache gerade oder sehr schwach gebogene Secundärnerven ab, die nahe dem Rande einen deutlich zu beobachtenden Ast abgeben, der zu dem Innenrande

[1]) Echter Sumach wird nicht selten verfälscht und zwar hauptsächlich mit den Blättern von Tamarix africana, Pistacia lentiscus, Ailanthus glandulosa, der Feige, des Weinstockes, des Johannisbrodbaumes, des Cistus salvifolius. Im Trento (Südtirol) werden die Blätter von Arctostaphylos uva ursi Spreng. (A. officinalis, Bärentraube) als Bergsumach gesammelt.

[2]) Daher die alte Bezeichnung „Sumach mit dem Ulmenblatt". Vergl. Ph. Millers Allgemeines Gärtner-Lexikon. Aus dem Engl. übersetzt. 8. Aufl. Nürnberg 1776. Bd. III, S. 822.

der Zähne (an den gezähnten Blättern) verläuft, während der Secundärnerv selbst in der Zahnspitze endet; Schlingenbildung kommt nicht vor.

Da zur Unterscheidung der beiden ersten Sumachsorten die Kenntniss des Baues der beiden Epidermen eines Blattes genügt, so wollen wir hier nur diesen näher besprechen.

Die Epidermis der Oberseite (Fig. 164) ist von polygonalen ziemlich scharfeckig

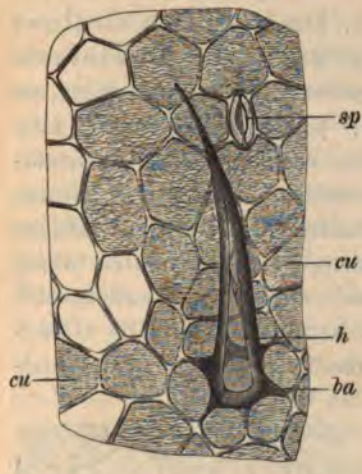


Fig. 164. Rhus coriaria. Epidermis der Blattoberseite, Flächenansicht. sp Spaltöffnung, h Haar mit verdickter Basis ba, cu streifige Cuticula.

Fig. 165. Rhus coriaria. Epidermis der Blattunterseite, Flächenansicht. sp Spaltöffnungen, h Haarborste, ba Basis eines abgefallenen Haares, d Drüsen, cu streifige Cuticula.

begrenzten Zellen gebildet, die von einer fein aber scharf gestreiften Cuticula bedeckt sind (cu). Zerstreut kommen schmale Spaltöffnungen (sp) und auf einer stark verdickten Basis sitzende kurze, einzellige borstig-dicke Haare (h) vor. Die zahlreich im Mesophyll enthaltenen Kalkoxalatdrusen sieht man durch die Epidermis durchschimmern. Die Oberhaut der Unterseite (Fig. 165) besitzt etwas kleinere, ebenfalls polygonal, aber minder scharfeckig und häufig mit krummen Wänden begrenzte Zellen, zahlreiche Spaltöffnungen, grosse, auf breiter, verdickter Basis (Fig. 165 ba) sitzende, ein- oder zweizellige, aussen warzig rauhe, starkwandige Haarborsten (Fig. 165, h) und mehrzellige Drüsen (d), die aus einer schmalen, langen Stielzelle und aus mehreren zu einem Köpfchen vereinigten

Drüsenzellen bestehen. Das durchschimmernde Parenchym ist kleinzellig. Die um die Borstenbasis gestellten Zellen sind gewöhnlich schön radiär angeordnet. Auch diese Epidermis zeigt eine ausgezeichnete Cuticularstreifung (cu), die durch Faltung der Cuticula zu Stande kommt.

Fig. 166. Blatt von Cotinus Coggygria Scop. Nat. Grösse.

Der echte Sumach enthält neben Gerbstoff einen gelben Farbstoff, welcher mit dem Rindenfarbstoff von Myrica nagi Thunb. (China) identisch sein soll und Myricetin genannt worden ist [1]).

2. Das Blatt von Cotinus Coggygria Scop. ist einfach, viel grösser als ein Fiederblatt von Rhus, ganzrandig, mässig lang gestielt, verkehrt eiförmig, eirundlich, rundlich (Fig. 166), abgestutzt, vollständig kahl. Von der kräftigen Mittelrippe zweigen unter wenig spitzen Winkeln ziemlich starke Secundärnerven ab, welche sich gegen den Blattrand hin in ein feines Netz auflösen. Die Oberhaut der Oberseite besteht aus dünnwandigen, unregelmässig rundlichen, ausgebuchteten Zellen; Haare und Spaltöffnungen fehlen, ebenso ist eine Cuticularstreifung nicht wahrzunehmen (Fig. 167). Die Epidermiszellen der Unterseite sind kleiner, mehr rundlich; Spaltöffnungen sind zahlreich vorhanden.

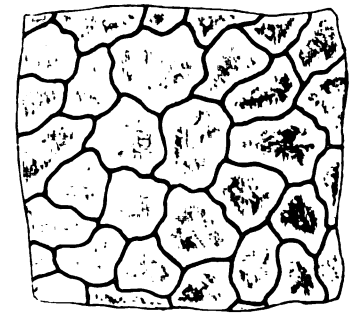


Fig. 167. Cotinus Coggygria Scop. Epidermis der Blattoberseite, Flächenansicht.

3. Die Blätter des Redoul oder Gerberstrauches, Coriaria myrtifolia L. [2]) wurden früher auch medicinisch und zur Verfälschung der Sennesblätter verwendet und haben auch heute noch als

---

[1]) Perkin und Hummel, The Chemical News 1896, Vol. 74, Nr. 1919, S. 220.

[2]) Autor, Redoul (Folia Coriariae). Pharmaceut. Post, 1892, Bd. XXV, S. 1333—1344. — Daselbst Ausführliches über die Verwendung und die Literatur. — Leopold Villeneuve, Etude sur le Redoul. Thèse. Montpellier 1893. Diese Arbeit enthält auch die Morphologie der Blüthe und Frucht, sowie die Anatomie der vegetativen Organe.

Gerb- und Färbemittel (zum Schwarzfärben) einige Bedeutung. Schon Böhmer[1]) gibt an, dass Redoul mit Eisenvitriol auf Tuch und Seide violette Farben liefert, wichtiger aber ist die Eigenschaft gut und dauerhaft schwarz zu färben, sowie den Gerbeprocess zu beschleunigen, obwohl die Blätter für sich allein verwendet, kein genügend weiches Leder geben. Interessant ist die darauf Bezug nehmende Aeusserung Böhmer's (l. c. S. 410): „Das Pulver der Blätter soll eine viel stärkere Lohe geben, als die von Eichenrinde. Wenn die Rothgerber in der Provence und Languedoc genöthigt sind, das Leder zu verkaufen, ohne dass sie Zeit haben, dasselbe mit der Steineiche (Quercus Ilex) einzulegen, so mengen sie das Pulver von Redoul darunter, welches dem Leder Festigkeit beibringt, so die Käufer einnimmt." Das Leder werde freilich dadurch, wie du Hamel[2]) meint, früher gar, aber zum Gebrauch schlechter. Die Blätter dienen häufig zum Rothgerben von Schaf- und Ziegenfellen. In neuester Zeit ist noch eine Verwendung des Redouls bekannt geworden, von welcher die Seidenzucht Nutzen ziehen könnte. Die Raupe des Ailanthusspinners (Bombyx Cynthia) lässt sich mit Coriariablättern gut aufziehen[3]).

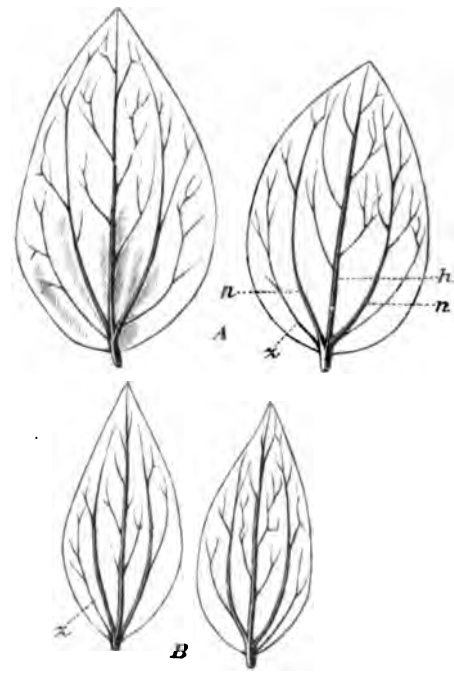


Fig. 168. Redoul. (Coriaria myrtifolia). Blätter in natürlicher Grösse. A breite, B schmale Blattformen, h Hauptnerv, n starke Nebennerven, z selbständig gewordener Zweig derselben.

Die Redoulblätter sind kreuzständig, einfach und zeigen nach

[1]) Technische Geschichte der Pflanzen (1794), II, S. 224.

[2]) Du Hamel, Arbres, I, S. 130.

[3]) Baillon, Sur un nouvel usage du Redoul. Bull. mens. de la Société. Linnéenne de Paris 1880, S. 236—237. — Auch andere Coriariaarten werden technisch verwendet. Die Tintenpflanze in Neugranada, Coriaria thymifolia Humb. liefert eine unauslöschliche Tinte, Corinaria ruscifolia L. eine schwarze Farbe.

der Grösse zwei stark differente Entwicklungsformen, die selbstverständlich durch zahlreiche Uebergänge verbunden sind: breite und schmale Formen. Die breite Blattform (Fig. 168, A) ist breit eiförmig-lanzettlich, die Längenmaasse verhalten sich zu den dazugehörigen Breitenmaassen, wie folgt:

Länge		Breite
45 mm	zu	24 mm
40 „	„	23 „
36 „	„	24 „
Mittel 40,3 mm	zu	23,6 mm.

Das Verhältniss der Länge zur Breite ist demnach nahe 5 : 3.

Die schmale Blattform (Fig. 168, B), wie es scheint, die häufigere, zeigt einen eiförmig-lanzettlichen oder abgerundet rhombisch-lanzettlichen Typus und besitzt folgende Maassverhältnisse:

Länge		Breite
34 mm	zu	15 mm
35 „	„	16 „
35 „	„	16 „
im Mittel 34,6 mm	zu	15,3 mm,

woraus sich das Verhältniss der Länge zur Breite nahe 7 : 3 ergibt. Diese Verhältnisse gelten für die Mehrzahl der Blätter, insbesondere für die mittleren eines Astes; die unteren dagegen sind meist viel kleiner und rundlich.

Die Blätter sind mitunter schwach anisophyll, stets ganzrandig, glatt und kahl, oberseits dunkel-, unterseits lichtgrün, sitzend oder sehr kurz gestielt. Der specifische Charakter des Blattes ist in der Nervatur ausgeprägt. Diese könnte als strahlenförmig und bogenläufig bezeichnet werden. Das Blatt erscheint dreinervig. Ich möchte dies folgendermassen erklären. Ein gerader Mittelnerv (Fig. 168, h) zieht durch die Blattspreite bis zur schwach vorgezogenen Spitze; beiderseits entspringt nahe dem Blattgrunde von dem Hauptnerv je eine fast gleich starke Nebenrippe (Fig. 168, A, n), die in einem flachen Bogen verlaufend nach vorne dem Blattrande sich nähert. Bis zur Blattmitte und auch etwas darüber ist die Stärke dieser Nebennerven ziemlich bedeutend. Die übrigen Nerven sind äusserst zart, zweigen unter sehr spitzen Winkeln ab und anastomosiren an den Enden mit einander. Der unterste äussere zarte Zweig der zwei Nebennerven entspringt nahe dem Blattgrunde, so

dass er auch als selbständiger Nerv angesehen werden kann, mithin also 4—6 Längsnerven zu verzeichnen wären.

Der bifaciale Bau des Blattes ist aus Fig. 169 zu ersehen. Unter der oberseitigen Oberhaut (ep) liegt ein zweireihiges Palissadenparenchym p und p'; selten ist nur eine Reihe vorhanden; die Zellen der inneren Reihe sind entweder gleich lang oder kürzer, als die der äusseren. Diese inneren Palissaden führen Calciumoxalat entweder in Einzelkrystallen oder in rundlichen wie corrodirt aus-

Fig. 169. Redoul. Partie eines Querschnittes des Blattes in Kalilauge und Glycerin. Vergrösserung 1/350. ep Oberhaut der Ober-, ep' Oberhaut der Unterseite. p erste, p' zweite Palissadenreihe, s Schwammparenchym, i Intercellularräume, sp Spaltöffnung, n Nebenzellen, a Athemhöhle, k Oxalatkrystalle.

sehenden Concrementen (k). Die Schwammparenchymzellen (Fig. 169, s) zeigen den gewöhnlichen Typus, sind unregelmässig, mit 3—4 Fortsätzen versehen, die Intercellularräume sind verschieden gross (i). Die Zellen enthalten wie die Palissaden sehr kleine spindelige oder fast stängelige Chlorophyllkörner, die besonders schön sichtbar werden, wenn man das Präparat mit Alkohol und verdünnter Salzsäure behandelt. Ein Querschnitt durch den Hauptnerv des Blattes zeigt ein in einem collenchymatischen Füllgewebe verlaufendes Gefässbündel. Die verholzten Elemente desselben treten nach Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure in rother Färbung sehr deutlich hervor; ein einreihiger Kranz von auf der Innenseite verholzten Zellen bildet den peripherischen Abschluss, im Innern liegen, durch markstrahlähnliche Zellzüge getrennt drei oder vier Gefässgruppen, deren jede 5—10 Spiroiden enthält; nach unten

zu zeigen die Gefässe eine convergirende Anordnung. In den Nebennerven sind nur 2—3 Gruppen, in den feinsten Nerven ist nur eine Gruppe vorhanden.

Die Oberhaut der Oberseite (Fig. 170) setzt sich aus polygonal-scharfkantig begrenzten Zellen zusammen, die im Querschnitte (Fig. 169, ep) flach rechteckig erscheinen und eine Länge von 32—48 μ besitzen. Die ziemlich schwachen Wände sind reichlich getüpfelt, die Oberfläche ist infolge des Cuticularüberzuges etwas körnig, seltener streifig (Fig. 170, cu); Spaltöffnungen (sp) sind nicht selten, wenn auch weitaus nicht so häufig, wie an der Oberhaut der Unterseite. Jede Spaltöffnung ist von zwei Nebenzellen (n) begleitet, an denen meist eine deutliche Cuticularstreifung wahrnehmbar ist.

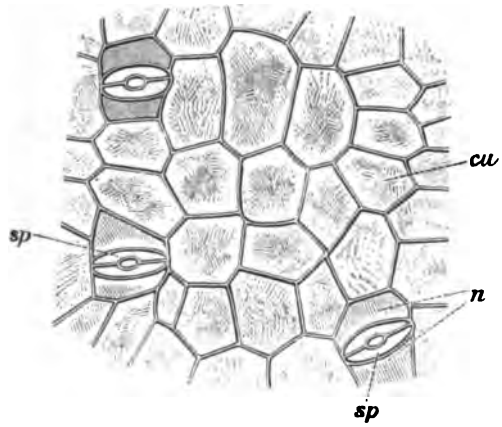


Fig. 170. Redoul. Epidermis der Blattoberseite in Wasser, Flächenansicht. Vergr. 1/350. sp Spaltöffnungen, n Nebenzellen, cu körnig-streifige Cuticula.

Die Oberhautzellen der Blattunterseite (Fig. 171) weichen etwas von den vorher beschriebenen ab und bilden die typischen Leitelemente zur Erkennung des Redoulpulvers. Die Zellen sind unregelmässig polygonal (in der Fläche) mit meist gekrümmten, sehr stark getüpfelten Wänden (po) und erhalten durch die Cuticula an der Oberfläche ein mehr streifiges Aussehen. Die zahlreichen Spaltöffnungen sind von zwei Nebenzellen begleitet (n), deren höchst scharfe Parallelstreifung (der Cuticula) ein auffälliges Bild gewährt. Diese Falten der Cuticula sind auch am Querschnitt (Fig. 169, ep′, n) zu beobachten und gleichen einem Kamm mit feinen Zähnchen. Die Athemhöhlen (a) sind sehr geräumig. Die Gesammtlänge der beiden Nebenzellen mit der Spaltöffnung beträgt 50—60 μ, die der Oberhautzellen 43—60 μ.

Wir haben dieses Blatt einer ausführlicheren Beschreibung unterzogen, weil es uns auch ein Beispiel bietet, besondere Inhaltsstoffe auf mikrochemische Weise ausfindig zu machen. Der grosse Reichthum an Gerbstoffen (16—24,37 Proc.) wird durch Eisensalze

nachgewiesen. Nach R. Böttger[1]) kocht man das Blatt einige Minuten mit Wasser und fällt dann mit einem Eisenoxydsalz. Eisenchlorid färbt den Inhalt aller Zellen blauschwarz; nur die Oberhaut der Unterseite scheint wenig Gerbstoffe zu enthalten. Mit verdünnter Schwefelsäure behandelte Präparate zeigen das reichliche Anschiessen von Gypsnadeln, die aus dem Calciumoxalat entstanden sind. Durch Kalilauge, besonders aber bei vorhergehender Behandlung mit Alkohol färbt sich das Mesophyll braunroth, und es tritt ein ebenso gefärbter Niederschlag in der Flüssigkeit auf; wird hierauf wieder Schwefelsäure zugesetzt, so wird das Gewebe wieder lebhaft grün. Kocht man Schnitte mit Wasser gut aus, so dass sie nach dem Auswaschen nur eine schwache Gerbstoffprobe geben, so tritt die Braunfärbung und Ausfällung braunrother Massen nach Behandlung mit Kalilauge ebenfalls auf, um nach Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure wieder zu verschwinden. Diese durch das Alkali hervorgerufene Reaction hängt höchst wahrscheinlich mit dem in dem Gerberstrauch enthaltenen giftigen Glykosid, dem Coriamyrtin[2]) zusammen, da dieses durch wässerige Alkalien unter Bildung brauner Producte zersetzt wird. Daher bildet auch Ammoniak im Mesophyll bräunliche Niederschläge. Der charakteristische mikrochemische Nachweis des Coriamyrtins gelingt mit der Jodwasserstoff-Natronprobe.

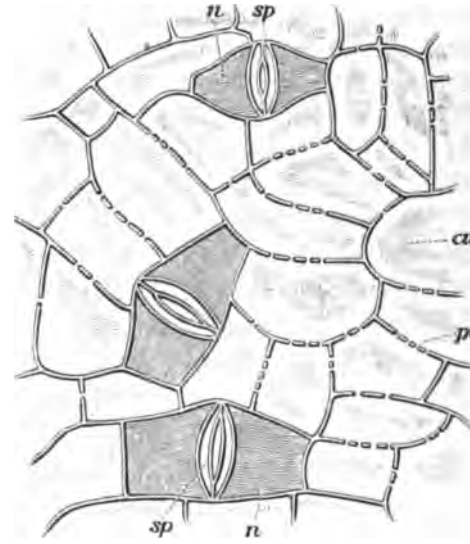


Fig. 171. Redoul. Epidermis der Blattunterseite in Wasser, Flächenansicht. Vergr. 1/350. po Poren der Zellmembran, sp Spaltöffnungen, n Nebenzellen, cu körnig-streifige Cuticula.

Um das Coriamyrtin im Blatte nachzuweisen, legt man ein Blattpartikel oder einen Querschnitt in eine ältere Jod-Jodkaliumlösung, welche bekanntlich immer etwas Jodwasserstoffsäure enthält; in kurzer Zeit erscheint das Object fast schwarz, indem der

[1]) Archiv der Pharmacie 1874, S. 565.

[2]) Realencyklopädie etc., Band III, S. 297.

Inhalt der Zellen durch einen schwarzen Niederschlag verdunkelt worden ist. Hierauf wird die Jodlösung entfernt (durch Absaugen mittelst Fliesspapieres) und das Object in starken Alkohol eingelegt. Es erfolgt eine Aufhellung des Präparates, so dass wieder die grüne Farbe vorherrscht; mithin hat sich der Niederschlag in Alkohol gelöst. Setzt man nun einen Tropfen conc. Natronlauge hinzu, so tritt augenblicklich eine purpurviolette Färbung auf, aus dem Objecte scheiden sich tiefrothe Körnchen aus und man kann an einem Querschnitte deutlich das Fortschreiten der purpurvioletten Färbung von aussen nach innen verfolgen. Nach 10 bis 15 Minuten verschwindet die auffällige Färbung gänzlich und es bleibt ein gelber Niederschlag zurück; rascher kann das Verschwinden durch Zusatz von Wasser hervorgerufen werden.

Es lässt sich aus der Einwirkung dieser Reagentien constatiren, dass das Coriamyrtin in allen Theilen des Mesophylls vorhanden ist; nur das Füllgewebe und die Gefässbündel scheinen dasselbe nicht zu enthalten.

Mehrere Blattdrogen, die durch den Gehalt eines ätherischen Oeles ausgezeichnet sind, werden zu dessen Darstellung verwendet, wie die Pfeffer- und Krauseminzblätter, die Rosmarin-, Patchouli-, Melissenblätter u. s. w. Zwei Blattwaren, der Tabak und der chinesische Thee haben eine ungeheure Verbreitung erfahren und eine ausserordentliche Bedeutung im Welthandel erlangt. Zahlreiche Pflanzen liefern medicinisch verwendete Blätter.

Technisch verwendete Kräuter sind unter anderen die Färberresede oder der Wau, der Waid (Isatis tinctoria) und die Indigofera-Arten. Ueber die letzteren siehe insbesondere H. Molisch in Wiesner, Rohstoffe, II. Auflage, 1900, S. 423.

Sechstes Capitel.

Blüthen (Blüthentheile).

Nur sehr wenige Blüthen und Blüthentheile dienen zu technischen Zwecken, wie z. B. der Saflor und der Safran zum Färben, die Gewürznelken, Orangenblüthen etc. zur Gewinnung der bezüglichen ätherischen Oele, erstere auch als viel verwendetes Gewürz;

die unter dem Namen „Insectenpulver" bekannte Blüthendroge ist als insectenwidriges Mittel von grosser Bedeutung geworden und gerade diese bedarf, da sie nur in fast mehlfeinem Zustande verkauft wird, einer genauen mikroskopischen Untersuchung. Ueber Safran geben die Werke über Nahrungs- und Genussmittel, sowie die Specialarbeit von Kronfeld und dem Autor [1]) erschöpfend Auskunft.

Insectenpulver [2]).

Das Insectenpulver besteht aus den mässig oder sehr fein zermahlenen Blüthenköpfchen mehrerer Arten der Gattung Chrysanthemum aus der Section Pyrethrum [3]). Chrysanthemum cinerariaefolium (Trev.) Bocc. liefert das allgemein verbreitete dalmatinische Insectenpulver; das persische stammt von Chrysanthemum roseum Web. et Mohr (= Pyrethrum carneum M. B.) und Chrysanthemum Marschallii Aschers. (= Pyrethrum roseum M. B.).

Im Ganzen sind die Blüthenkörbchen der einzelnen Arten gut aus einander zu halten; die Abstammung des Pulvers dagegen festzustellen, ist eine sehr schwierige Sache. Die mit dem Handel dieser Ware Beschäftigten unterscheiden angeblich die beiden Hauptsorten nach dem Geruch; nur geringen Anhalt gibt die Farbe. Reines Insectenpulver [4]) ist immer graugelb und die vom Käufer beliebte hellgelbe Färbung ist meistens durch einen Zusatz von Farbmaterialien (Chromgelb, Curcuma) hervorgebracht.

Die Blüthenkörbchen der orientalischen Chrysanthemum-Arten unterscheiden sich insbesondere durch die Form der Involucralblättchen und die Länge des Fruchtknotens. Der Hüllkelch von Chrys. Marschallii ist niedergedrückt-kreiselförmig und besitzt

---

[1]) M. Kronfeld und T. F. Hanausek, Geschichte des Safrans und seiner Cultur in Europa. Mit einem Anhang: Die Safranfälschungen. Zeitschr. f. Nahrungsmittel-Untersuchung, Hygiene und Warenkunde, 1892, und als Separatabdruck, Wien 1892.

[2]) A. Vogl, Arzneikörper, S. 116. — Tschirch-Oesterle, Anatomischer Atlas, Tafel 40, S. 171. — Autor, Beiträge zur mikroskopischen Charakteristik der Flores Chrysanthemi. Pharmac. Post 1892, Band XXV, Nr. 1, Nr. 6, Nr. 27 und Nr. 30. — Unger, Pharmac. Zeitung 1887, Nr. 96 und 1888, Nr. 11, Nr. 18 und Nr. 23. — J. Moeller, Pharmakogn. Atlas, Tafel XL. — S. Malfatti, Ueber kaukasiches Insectenpulver. Pharmac. Post 1893, Band XXVI, S. 165, 181, 193, 205.

[3]) Engler-Prantl, Pflanzenfamilien, IV. Theil, 5. Abth., S. 277—278.

[4]) Autor in Realencyklopädie etc., Bd. V, S. 461.

nach A. Vogl (l. c.) eiförmig-längliche bis lanzettförmige, stumpfe, grüne, am Rande und an der Spitze trockenhäutige und dunkelroth bis schwarzbraun gefärbte Blättchen. „Die Blumenkrone der etwa 30 (nach Unger 26) weiblichen Strahlblüthen erweitert sich zu einer bis über 15 mm langen, etwas längsfaltigen, vorne stumpf-ungleich dreizähnigen, siebennervigen[1]), rosenrothen oder weissen Zunge.“ Die Blumenkrone der Scheibenblüthen ist gelb, fünfzähnig, kaum etwas länger als der bräunliche, zehnstreifige, mit einem häutigen Pappus versehene Fruchtknoten. — Chrys. roseum besitzt spitze oder stumpfe, randhäutig-dunkelbraune, meist grüne Hüllkelchblättchen und einen 1 mm langen zehnrippigen Fruchtknoten, der weit kürzer ist als die Blumenkronröhre.

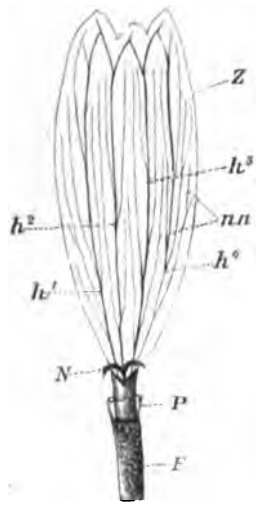


Fig. 172. Zungenblüthe von Chrysanthemum cinerariaefolium in Lupenvergrösserung. F Fruchtknoten, P Pappus, N Narbe, aus der kurzen Röhre heraussehend, Z Zunge, h¹ bis h⁴ Hauptnerven, n n Nebennerven.

Chrysanthemum cinerariaefolium, in Dalmatien und der Herzegowina einheimisch und daselbst auch cultivirt, liefert gegenwärtig die wichtigsten und wirksamsten Insectenpulversorten. Der Hüllkelch der Dalmatinerblüthen ist fast halbkugelig und wird von äusseren kürzeren und inneren längeren schuppenartigen Blättchen gebildet. Die äusseren Hüllkelchblätter sind aussen bräunlich und rauh, innen strohgelb und glänzend, lanzettlich, stumpf und durch einen starken Kiel gekennzeichnet. Die inneren Hüllkelchblätter sind viel länger, erweitern sich aus schmaler Basis nach aufwärts, erscheinen also spatelig; die Ränder sind mit einer schmalen, trockenen weissen Haut umsäumt, die am freien oberen Ende viel breiter wird. Der Kiel fehlt. Wir unterscheiden wieder Rand- und Scheibenblüthen. Die Randblüthe (Fig. 172) ist eine Zungenblüthe mit kurzer Röhre, aus der die zwei Narbenschenkel (N) heraussehen. Die Zunge (Z) ist meist dreizähnig, der mittlere Zahn häufig viel kleiner als die beiden seitlichen. Die Zungenlamina wird von vier Hauptnerven (h^1—h^4) durchzogen, die von der Röhre entspringen und in der Nähe des gezähnten Saumes in einfachen Spitzschlingen sich vereinigen, indem jeder Nerv sich in zwei

[1]) Unger gibt an, dass jedes „Blüthenblatt“ 15 Gefässbündel besitzt.

Aeste gabelt, die sich mit den correspondirenden Aesten der benachbarten Stränge verbinden. Die Nebennerven (nn) sind zarter und laufen mit den Hauptnerven parallel; die äusseren Gabeläste der zwei äusseren Hauptnerven anastomosiren mit den aussen heranziehenden Nebennerven. Mitunter scheint ein fünfter Hauptnerv aufzutreten; in den von mir untersuchten Fällen erwies sich derselbe aber nur als ein stärkerer äusserer Nebennerv eines randständigen Hauptnerven.

Die Scheibenblüthe ist eine Röhrenblüthe, besitzt demnach eine röhrige Krone mit fünflappigem Saume; die Krone sitzt auf dem viel längeren Fruchtknoten und ist etwa 1,5 mm lang; die Länge der ganzen Blüthe beträgt 6 mm.

Bevor wir nun die mikroskopische Charakteristik dieser Ware besprechen, wollen wir einige Reactionen und Angaben über die Inhaltskörper kennen lernen.

Behandelt man Insectenpulver mit starker Kalilauge, so entsteht eine intensiv gelbe Lösung; ein Zusatz von Essigsäure bewirkt in kurzer Zeit Entfärbung.

Concentrirte Schwefelsäure färbt vor dem Verkohlen gelblichgrün, Salpetersäure gelbbräunlich, Salzsäure ähnlich wie Schwefelsäure. Eisenchlorid gibt eine kräftige grünlichschwarze Gerbstoffreaction. Legt man ein Blüthenköpfchen in reines Wasser (ca. 0,15 l), so wird letzteres deutlich gelb gefärbt. Die durch Aetzkali verursachte safrangelbe Färbung lässt sich nahezu an allen Blüthentheilen hervorrufen (selbst an dem farblosen häutigen Kelche oder Pappus), doch ist der Fruchtknoten zweifelsohne der Hauptträger dieses Farbkörpers. Isolirt man einen solchen und legt ihn in Kalilauge, so erhält man sofort die tiefgelbe Lösung.

Das insecticide Princip ist nach verschiedenen Autoren[1]) ein sauer reagirendes ätherisches Oel, von Schlagdenhauffen und Reeb Pyrethrotoxinsäure genannt. Ferner wurde ein Alkaloid (Chrysanthemin) und ein phloroglucidischer Körper (Pyrethrosin) gefunden.

Um die im Insectenpulver enthaltenen Partikel der Gewebe und Zellen definiren zu können, muss eine methodische Untersuchung der Blüthe vorgenommen werden. Dieselbe hat sich auf folgende Organe und Organtheile zu erstrecken: 1. Gynäceum der Scheiben- und Randblüthe (Fruchtknoten); 2. Andröceum (Staubgefässe); 3. Krone der Scheibenblüthen; 4. Krone der Randblüthen; 5. Kelch

[1]) Vergl. besonders Thoms, Croton flavens L. und Chrysanthemum cinerariifolium. Ber. d. Pharmac. Gesellsch. 1891, Jahrg. 1, S. 241—247.

(Pappus); 6. Hüllschuppen (Involucrum); 7. Blüthenboden; 8. Blüthenstiel (Axentheil).

1. Fruchtknoten. Der Querschnitt des Fruchtknotens (Scheibenblüthe) ist rundlich und besitzt fünf hervorragende Rippen. Eine Epidermis mit auffallend starker, farbloser Aussenmembran (Fig. 173, c) deckt ein zartzelliges Gewebe, das einen ganz enormen Reichthum an Calciumoxalatkrystallen zeigt. Die Aussenmembran besteht grösstentheils aus Cellulose, da sie von Jod und Schwefelsäure gebläut wird. Fast jede Zelle des Parenchyms führt einen grossen monoklinen (rhomboederähnlichen oder prismatisch-tafelförmigen) Einzelkrystall (Fig. 173, k) und in der Flächenansicht erscheint das Gewebe mit diesen Krystallen wie übersäet. Die Oberhaut trägt eigenthümliche keulige Drüsen (Fig. 173, D), Oeldrüsen, die nur zwischen den Rippen auftreten. Diese Keulendrüsen sind für die Korbblüthler (Compositae) sehr charakteristisch; sie bestehen aus zwei Reihen am Fusse schmaler, nach oben elliptisch (d. h. nach einer Axe) sich erweiternder Zellen, die von oben gesehen, durch ihre elliptische Gestalt auffallen. Jede Reihe besteht aus vier allmälig grösser werdenden Zellen. Von dem obersten Zellenpaar hebt sich die Cuticula blasenförmig ab, der so geschaffene Raum enthält das Secret (Subcuticularsecret)[1]). In dem Gewebe der Rippen, sowie in den zwischen diesen liegenden Gewebspartien (Intercostalpartien) treten Secretgänge auf, die mit Milchröhren oder Balsamgängen zu vergleichen sind (Fig. 173, m) und einen braunen, festen (i. e. eingetrockneten), in kantige Stücke brechenden Körper enthalten; dieser quillt schon in Wasser, noch mehr in Kali in Form einer wurmartigen, am Rande streifigen, innen feinkörnigen Masse hervor, löst sich nach Zusatz von Alkohol bei starker Erwärmung zum

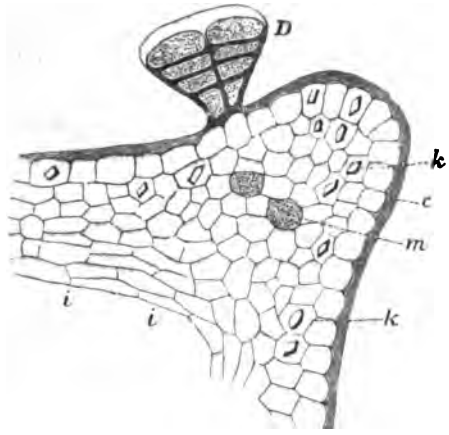


Fig. 173. Dalmatiner Insectenpulverblüthen. Stück eines Querschnittes durch den Fruchtknoten der Scheibenblüthe. D Keulendrüse (Oeldrüse), c Cuticula, m Milchsaftschlauch, k Oxalatkrystalle, i i Innenepithel (Abgrenzung der Fruchtknotenhöhle).

[1]) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 467.

grösseren Theile, während er von Alkohol allein nur wenig angegriffen wird. Auch in Ammoniak quillt das Secret hervor, aber nur ein kleiner Theil davon wird blassgelblich gelöst. Der lösenden Einwirkung des Kali auf diesen Balsam verdankt das Insectenpulver (zum Theile) die charakteristische safrangelbe Färbung. In kochendem Kali lässt der Balsam erhebliche Residua in Gestalt dunkelbrauner, mit sehr kleinen Körnchen durchsetzter Tropfen zurück; wäscht man das Gewebe nach Behandlung mit Kalilauge und Alkohol gut in Wasser aus, so bleiben ebenfalls noch einzelne braune Massen zurück, die auch durch Essigsäure nicht entfärbt werden.

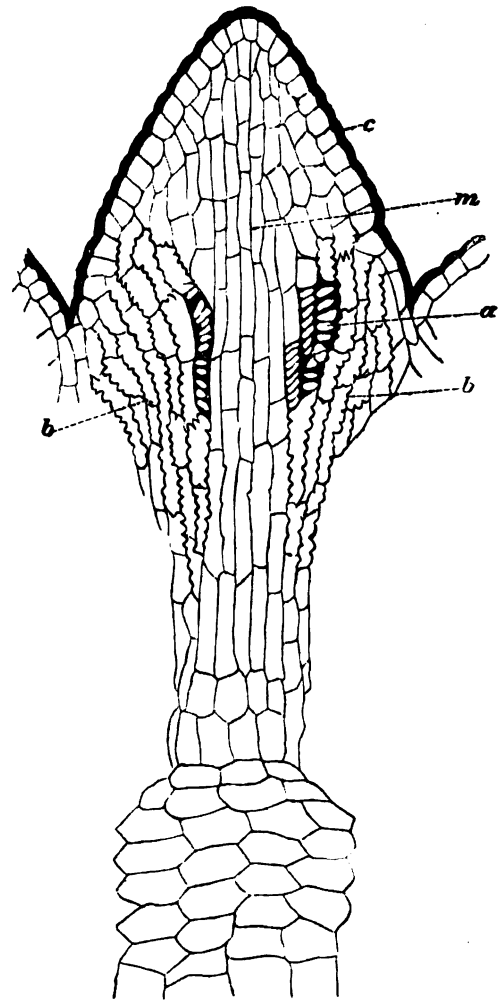


Fig. 174. Dalmatiner Insectenpulver. Partikel daraus, dem Androeceum angehörig, ein freier Lappen (Connectivfortsatz); m längsgestreckte Zellen, a netzigverdickte Zellen, b ebensolche, an welchen nur die Ansatzstellen der Verdickungsbänder in Gestalt kleiner Zäpfchen sichtbar sind, c Cuticula.

Die Secretgänge durchziehen als dicke braune Stränge den ganzen Fruchtknoten und enden theils blind nahe der Insertionsstelle des Pappus, theils ziehen sie in den Griffel (Strahlenblüthe) mit abnehmendem Querdurchmesser und enden in den breiten lappigen Schenkeln der Narbe. An der Basis des Fruchtknotens befindet sich ein Kranz zierlicher polyedrischer, stark sklerosirter Zellen, welche als Trennungsschicht die Lostrennung der herangereiften Frucht vom Blüthenboden bewirken. Die Gefässbündel des Fruchtknotens besitzen zarte Spiroiden.

Das Gewebe des Griffels (Strahlenblüthe) ist ein Parenchym mit ziemlich dickwandigen, stellenweise porösen (aber nicht sklerosirten) Zellen, deren einzelne mit tiefbraunem Inhalte gefüllt sind; des Vorhandenseins dünner Secretschläuche wurde schon oben gedacht. Am Rande und an den Schenkeln der Narbe sitzen farblose, weit hervorragende Papillenhaare in Büscheln; häufig haften an ihnen die Pollenkörner.

Der Fruchtknoten ist von allen Organen am reichsten mit Keulendrüsen versehen; auch ist er noch dadurch besonders ausgezeichnet, das er das Calciumoxalat nur in Einzelkrystallen führt.

2. Androceum. Von demselben findet man im Insectenpulver nicht selten wohl erhaltene grössere Stücke (Fig. 174). Ein freier Lappen der Antherenröhre (Connectiv) von ziemlich regelmässig dreieckiger Gestalt setzt sich aus Parenchymzellen zusammen, die in der Medianlinie deutliche Längsstreckung zeigen (Fig. 174, m); das Epithel ist stark cuticularisirt (c); nach Tschirch[1]) besteht das Connectiv am Rande aus sklerenchymatischen Zellen. Die innere Zellage der Antherenröhre wird von Zellen gebildet, deren Leistenverdickungen für die Antheren charakteristisch sind. Wo die Leisten an den Längswänden entspringen, sieht man dieselben in Gestalt von Zäpfchen, die den Zellwänden ein kammförmiges Aussehen verleihen. (Die Leisten sind dann im Präparate selbst nicht zu sehen.)

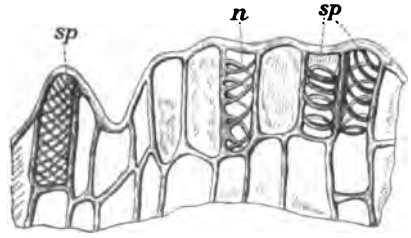


Fig. 175. Dalmatiner Insectenpulverblüthen. Partie des Pappus-Saumes, n und sp spiralig verdickte Randzellen.

Der Pollen besteht aus 27—29 μ im Durchmesser haltenden, runden, dreiporigen, mit Stacheln und Wärzchen reichlich besetzten Körnern[2]). In Kalilauge quellen sie bis 34 μ auf, werden durchsichtig und lassen Exine (äussere Wand) und Intine (innere Wand) deutlich wahrnehmen. Erstere trägt die stacheligen Excrescenzen; darunter liegt eine feingestrichelte (Stäbchen-)Schicht. Das Pollenkorn ist nur einzellig.

3. Der Kelch (Pappus, Fig. 172, P) stellt ein kurzes, dünnes, trockenes, farbloses, durchscheinendes, röhriges Häutchen dar, dessen

[1]) Tschirch-Oesterle, Anat. Atlas, S. 172.

[2]) „Die einzelligen Pollenkörner besitzen eine grobstachelige Exine und eine Stäbchenschicht, die die Oberfläche gekörnt erscheinen lässt." Tschirch im Anat. Atlas etc., S. 172.

Querdurchmesser grösser als der der Blumenkronenröhre ist. Der Saum ist unregelmässig und zart eingebuchtet; in Kalilauge wird das farblose Häutchen hellgelb, was schon mit freiem Auge wahrnehmbar ist. — Die Aussenseite des Pappus zeigt ein von langgestreckten, scharf contourirten, mit farblosen Wänden und deutlicher Mittellamelle versehenen Zellen gebildetes Gewebe; das der Innenseite besitzt viel kürzere Zellen und deren Längswände zeigen nur selten einen Parallelismus. Das zwischenliegende, besonders im basalen Theile entwickelte Merophyll enthält zahlreiche Sklereiden, die porös sind und eine Längsstreckung zeigen. Der Rand erhält eine mechanische Festigung durch spiralig verdickte Zellen (Fig. 175, sp); der Pappus enthält ebenfalls Einzelkrystalle, aber keine Schläuche.

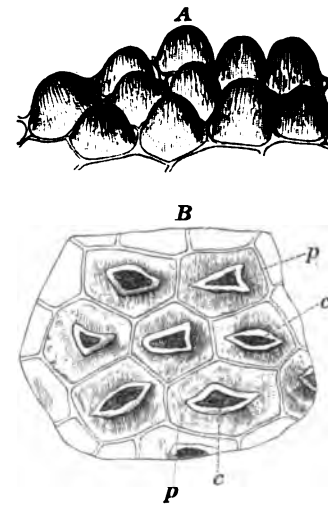


Fig. 176. Zungenblüthe von Chrysanth. cinerariaefol. Oberhaut der Innenseite: A Partie mit hervorgewölbten, B mit eingestülpten (zusammengeschrumpften) Papillen, p der polygonale Basistheil, c die eingestülpte Calotte der Oberhautzelle.

4. Die Krone der Randblüthen, die Zungencorolle, wird in Kalilauge gelb gefärbt, auch wenn sie mehrere Tage in Wasser gelegen ist; zieht man die farblose Oberhaut der Innenseite ab, so erfährt diese für sich allein ebenfalls durch Kali eine Gelbfärbung; der Farbkörper ist demnach auch in den Oberhautzellen enthalten.

Die beiden Oberhautplatten der Zunge sind gänzlich verschieden gebaut. Die Oberhaut der Innenseite besteht aus polyedrischen Zellen mit sehr stark hervorgewölbten, fast halbeiförmigen oder halbkugeligen Wandtheilen; diese Papillen sind nur an frischen Blüthen in voller Ausdehnung zu sehen, an getrockneten nur dann, wenn man das Präparat in verdünntem Kali hat quellen lassen (Fig. 176, A). Werden trockene Blüthen in kaltem Wasser beobachtet, so erscheinen die meisten Papillen derart eingeschrumpft, dass eine Calotte gewissermassen eingestülpt ist und man ein Bild erhält, wie es in Fig. 176, B so gut wie möglich wiedergegeben ist. Hiezu ist aber zu bemerken, dass Fig. 176, B gewissermassen die Bilder zweier verschiedener Objectiveinstellungen combinirt. Bei hoher Einstellung sieht man nur die eingestülpten Calotten als undeutliche, unregelmässige Zwei- und Dreieke (Fig. 176, B, c); bei tiefer Einstellung treten die polygonalen

Zellcontouren (Fig. 176, B, p) hervor, an denen häufig auch kleine Falten und knötchenartige Emergenzen beobachtet werden können. Die Papillen besitzen eine sehr scharfe Cuticularstreifung, die Streifen (Falten) convergiren zum höchsten Punkt der Papille.

Die Oberhaut der Aussenseite ist wie die Epidermis eines Laubblattes gebaut (Fig. 177); sie wird von längsgestreckten, welligbuchtigen, mit scharfer Cuticularstreifung versehenen Zellen zusammengesetzt; nur wo diese über ein Gefässbündel (Nerv bei g) ziehen, sind sie kürzer und mit mehr oder weniger geradelinigen Wänden versehen. Die der Röhre näher liegende Hälfte der Oberhaut besitzt nur wenige Spaltöffnungen (sp); viel häufiger treten diese in der Nähe des gezähnten Saumes auf; die Spaltöffnungszellen sind kreisrund oder breitelliptisch und von 4—5 Zellen umgeben. Die Schliesszellen enthalten kugelige Stärkekörner (am). Eine wichtige Eigenschaft theilt die Oberhaut der Zungenaussenseite mit der Fruchtknotenepidermis. Sie besitzt dieselben Keulendrüsen (D), wenn auch nicht in so grosser Anzahl, aber immerhin in erklecklicher Menge. Nicht selten findet man nur die Fusszellen, während der übrige Drüsentheil abgefallen ist. Nebst den Keulendrüsen kommen auch die sog. T-Haare oder Querzellenstrichome (d) vor, welche aus einer sehr kurzen Stielzelle und einer senkrecht darauf ruhenden, sehr stark in die Länge gezogenen Deckzelle bestehen und bei Compositen häufig auftreten. Auch die Krone der Röhrenblüthen trägt die T-Haare.

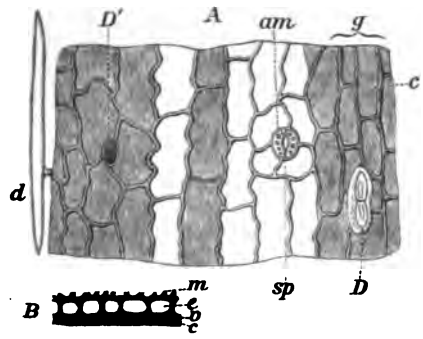


Fig. 177. Zungenblüthe vom Chrysanthem. cinerariaefol. Oberhaut der Aussenseite. A Flächenansicht: g Oberhautzellen, die ein Spiroidenbündel überlagern, sp Spaltöffnung mit Stärkekörnern am, D Keulendrüse von oben; D' zurückgebliebene Stielzellen der Keulendrüse, d Querzellenhaar (T-Haar). B Querschnitt: c Cuticula, v Celluloselamelle, e Lumen, m Beginn des Innengewebes.

Das zwischen den Oberhautplatten liegende Gewebe der Strahlblüthen besteht aus verschieden langen, ziemlich schmalen, farblosen Zellen mit senkrecht abstehenden, spitzen oder auch etwas unregelmässigen Ausbuchtungen, die wie Aeste der Zellen aussehen und die Verbindung (Vereinigung) der Zellen zu einem lückenreichen, luftführenden Gewebe bewirken. Hiedurch werden zahlreiche mit einander communicirende Intercellularräume geschaffen, die eine sehr

umfangreiche Durchlüftung ermöglichen und ausserdem die Zunge, die fast keine mechanischen Elemente besitzt, specifisch leicht machen. Die Nerven enthalten Spiroiden und langgestreckte poröse und verholzte Sklereiden. Mit Ausnahme der Cuticula und der Keulendrüsen, sowie der Gefässbündelelemente zeigen alle Zellwände die Cellulosereaction an und an dem Querschnitt treten die Gegensätze zwischen den blauen Cellulosemembranen und den gelben Cuticularschichten etc. nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure scharf und schön hervor (Fig. 177, B).

5. Die Krone der Scheibenblüthen trägt an der Aussenseite zahlreiche Keulendrüsen und vereinzelt T-Haare. Die Oberhautzellen der Aussenseite sind zumeist etwas längsgestreckt und besitzen eine quer- oder längsgefältelte Cuticula und starke Aussenwände; die Oberhaut der Innenseite zeigt einen ähnlichen Bau. Untersucht man die Innenseite der Corolle, nachdem man diese aufgeschnitten und auf dem Objectträger flach ausgebreitet hat, gegen das Licht haltend mit der Lupe, so fällt dem Beobachter eine unter der Spitze eines jeden der fünf Kronenzähne befindliche eigenthümlich verdickte Stelle auf, die gewissermassen von der Spitze capuzenartig herabzieht und als einseitiger Wall einer Grube endigt. Der mikroskopische Bau dieser Stelle ist folgender: Die Randzellen der Zahnspitze bilden eine Reihe, sind langgestreckt, alle gegen die Spitze zu geneigt, verhältnissmässig starkwandig und schliessen lückenlos an einander; die benachbarten Reihen bestehen aus allmälig sich verkürzenden bis endlich rundlichen Zellen, die dann in der Längsaxe des Zahnes papillenartig hervorragend einen Wall bilden; der Wallabhang, somit der Hintergrund der grubenartigen Vertiefung ist von gleichgestalteten, rundlichen starkwandigen Zellen gebildet. Alle Zellen führen plasmatischen Inhalt und Krystalle.

An der Uebergangsregion von dem fünfspaltigen Saume, also von dem Zahntheile zum röhrigen Theile der Corolle beginnen die Zellen der Oberfläche der Innenseite wieder axial sich zu strecken; ihre Wände werden viel schmächtiger, in jeder Zelle ist eine Krystalldruse wahrzunehmen. An der Basis der Kronenröhre sind die Zellen wieder kürzer; sie überlagern ein ziemlich regelmässiges Parenchym.

Besonders bemerkenswerth erscheinen die Krystallbildungen. Nur sehr selten sind Einzelkrystalle zu beobachten, denn viele Krystalle, die als solche erscheinen, zeigen längs einer Prismenfläche eine das Licht in anderer Richtung brechende Partie, ohne Zweifel eine Zwillingsebene. Die Zwillingsformen besitzen meist in der Mitte

eine Einschnürung und an den schmalen Enden einspringende Winkel. Die Drusen zeigen eine gewissermassen aufsteigende Entwicklungsreihe. Die einfachste Druse besteht aus einem grösseren wetzsteinähnlichen Krystall, der central von mehreren radiär gestellten nadelförmigen Krystallen durchbohrt wird; eine weitere Form ist durch einen kurzprismatischen Krystall repräsentirt, an dessen einem Ende ein Bündel von Krystallnadeln ausstrahlt. Auch die ein Garbenbündel darstellende Drusenform (in der Mitte eingeschnürt) ist häufig. Drusenrosen (Morgensterne) endlich bilden die krystallreichste Entwicklungsform.

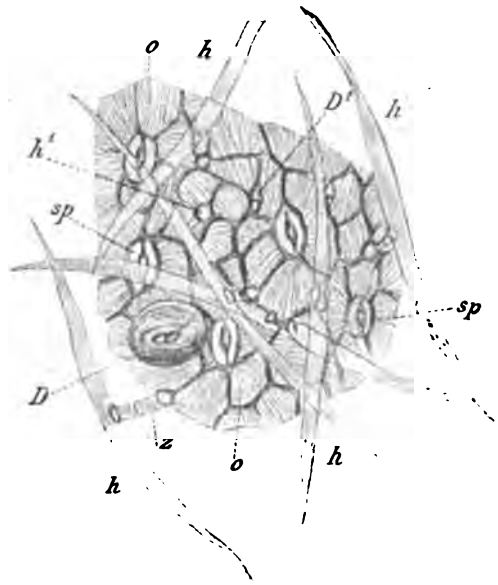


Fig. 178. Aeusseres Hüllkelchblatt von Chrys. cinerariaef. Oberhaut der Aussenseite in der Fläche o, sp Spaltöffnungen, h T-Haare, D Keulendrüse, D' Fusszellenpaar derselben, h' Ansatzstelle eines T-Haares.

Wir sehen hiemit, das die Corolle von Chrysanthemum ein gutes Demonstrationsobject für Krystallformen abgeben könnte, wenn nicht die geringe Grösse — die grössten Drusen messen kaum 10 μ — einigermassen nachtheilig wäre.

6. Der Hüllkelch besteht, wie schon oben bemerkt, aus äusseren kürzeren und inneren längeren Blättchen. Wir wollen zuerst den Bau des äusseren Hüllkelchblattes besprechen. Die Oberhaut der Aussenseite (Fig. 178, o) ist aus verhältnissmässig kleinen, unregelmässig polygonal oder schwach wellenförmig begrenzten Zellen gebildet; sie besitzt ferner sehr zahlreiche, breitelliptische Spaltöffnungen (Fig. 178, sp), die meist von 3—4 Nebenzellen umgeben sind; weiters reichlich die Querzellentrichome (T-Haare) und Keulendrüsen (Fig. 178, D). Die Oberhautzellen sind von einer derbgestreiften Cuticula bedeckt, deren wellig-geschlängelt verlaufende Falten vor dem äusseren Rande der Spaltöffnungszellen beginnen, während letztere nahezu glatt sind, d. h. frei von den Streifen erscheinen. Die Erklärung hiefür gibt der Querschnitt (Fig. 179). An einem durch den Kiel gehenden Querschnitt sieht man, dass die

Oberhaut (Fig. 179, o) aus sehr dickwandigen Zellen gebildet ist, deren Wände deutlich geschichtet und an der Aussenseite besonders stark entwickelt sind; die Cuticularfalten zeigen sich als ein feingezähnelter Saum. Da das Niveau der Spaltöffnungen tiefer liegt (Fig. 179, sp) als das der Epidermiszellen, und die Schliesszellen nur einen dünnen glatten Cuticularüberzug besitzen, so erscheint begreiflich, dass die Cuticularfalten auf den Epidermiszellen beginnen müssen

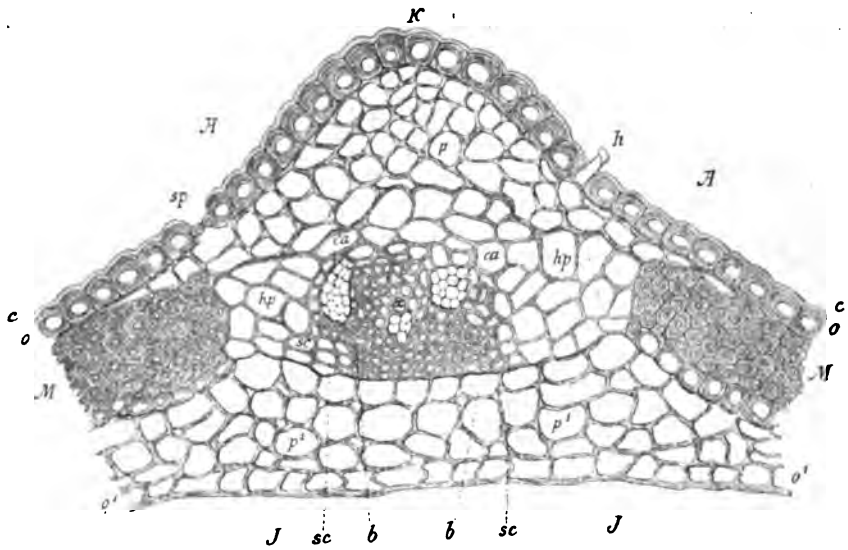


Fig. 179. Querschnitt durch ein äusseres Hüllkelchblatt in der Gegend des Kieles. c Cuticula, o Oberhaut der Aussenseite, sp Spaltöffnung, h Stielzelle des T-Haares, o' Oberhaut der Innenseite, p und p' Parenchym, ca Siebtheil, x Xylem, hp verholztes Parenchym, sc Sklerenchymzelle, M Bastfaserplatte (mechanisches Gewebes).

und die Schliesszellen glatt erscheinen. Viel einfacher ist die Oberhaut der Innenseite gebaut. Die im Querschnitt (Fig. 179, o') unregelmässig viereckigen, oft mit gekrümmten und gefalteten Querwänden versehenen Oberhautzellen präsentiren sich in der Flächenansicht (Fig. 180, o') als axial gestreckte durchsichtige Elemente, die meist mit schiefen kurzen Querwänden lückenlos an einander stossen und mehr oder weniger parallele Längswände besitzen. Spaltöffnungen, Haare und Drüsen fehlen auf der Innenseite durchwegs. Oberhaut und das unmittelbar daran grenzende, aus rundlichen Parenchymzellen (Fig. 179 und 180, p') bestehende lückenreiche Gewebe quellen in Wasser, besonders aber in Kali stark auf, eine Erscheinung, die vielleicht mit der mechanischen Aufgabe der Hüllblätter im Zusammenhang steht.

Die Zusammensetzung des Mittelgewebes ist im Querschnitt am besten zu erkennen, wenn man eine Gewebsdifferenzirung mit einem Holzstoffreagens bewerkstelligt. Nach Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure zeigt der Querschnitt eine die ganze Breite der Blattlamina einnehmende Zone von verholzten Elementen in nahezu vollkommen symmetrischer Anordnung; unverholzt sind das Füllgewebe im Kiele (Fig. 179, p) und das an der Oberhaut der Innenseite liegende lockere Parenchym p', sowie selbstverständlich die beiden Epidermen. Die verholzte Zone besteht aus drei Abthei-

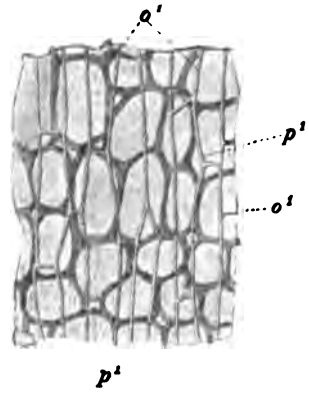


Fig. 180. Oberhaut der Innenseite o' und darunter liegendes Parenchym p' in der Längsansicht.

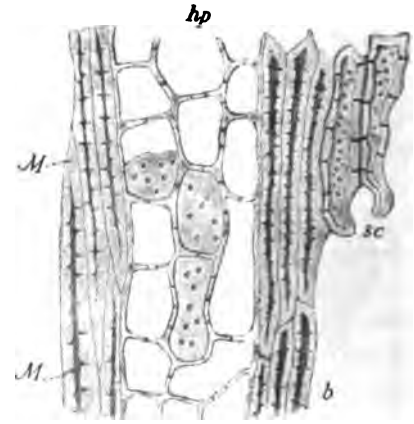


Fig. 181. Partie aus dem Grenzgebiete der mechanischen Platte M in der Längenansicht. hp verholztes Parenchym, b bastfaserartige Elemente, sc Sklerenchymzelle.

lungen. Median, dem Kiele des Blattes entsprechend, liegt das Gefässbündel; zu beiden Seiten ist dasselbe von verholztem parenchymatischem, bezw. sklerenchymatischem Gewebe (Fig. 179 und 181, sc, hp) begrenzt; endlich schliesst sich beiderseits eine mächtige, zu dem Schuppenrande hin allmälig sich verschmälernde Platte von Bastfasern und Sklerenchymzellen (Fig. 179, M) an, die näher der Aussenseite des Blattes liegend, daselbst alles Parenchym verdrängt hat und unmittelbar nur mehr von der Epidermis gedeckt wird. Das Gefässbündel zeigt einen Siebtheil, der durch dazwischen eingeschobenes mechanisches Gewebe gewöhnlich in drei Theile (Fig. 179, ca) getrennt ist. Das Xylem enthält sehr schmale Spiroiden und Tracheiden. Peripherisch liegen Bastfasern untermischt mit reich getüpfelten, etwas gestreckten, knorrigen, oft sehr umfangreichen Sklerenchymzellen und verholzten, rundlichen, getüpfelten Parenchymzellen (Fig. 181,

hp, sc). Nach Tschirch kommen auch zwei Milchsaftröhren[1]) im Gefässbündel vor.

Die inneren Hüllblätter haben keinen Kiel; der Rand ist mit T-Haaren und sog. Peitschenhaaren reichlich besetzt. Der farblose häutige Rand ist von langgestreckten leeren, dünnwandigen Zellen gebildet, welche an einer Seite, dem oberen freien Aussenrande, mit abgerundeten, gewissermassen isolirten Enden abschliessen, so dass diese Endtheile den Eindruck von Haaren machen. Der Uebergang von dem häutigen Rande zu dem dickeren farbigen Theil des Blattes ist schon in den Epidermen gut ausgedrückt. Die Oberhaut der Innenseite ist in diesem Abschnitte aus dünnwandigen, meist mit gelbem Inhalte erfüllten Zellen gebildet, der Inhalt löst sich in Kali guttigelb, die Wände sind ausserordentlich zart und durchsichtig, so dass das darunter liegende Sklerenchym, aus axial gestreckten, getüpfelten, stark verholzten Elementen bestehend, bei flüchtiger Beobachtung als äusserste Grenzschicht erscheint und die Oberhaut gewissermassen verschwinden macht. Die Zellen der Aussenseiteepidermis zeigen eine sehr feine Cuticularfaltung; am häutigen Rande werden sie so zart, dass sie nur bei sorgfältiger Einstellung des Objectives beobachtet werden können. Es empfiehlt sich daher, diese Oberhautpartien durch Abschaben in Wasser zu isoliren, wodurch sehr klare Bilder gewonnen werden können. Man findet nun, dass die in den oberen Theilen der Hüllkelchblätter noch stark längsgestreckten Zellen im mittleren und unteren Theil diese Ausdehnung in die Länge gänzlich verloren haben und schliesslich einen ziemlich isodiametrischen, äusserst zarten Contour besitzen. Die Spaltöffnungen sind relativ gross, stehen in gleicher Höhe mit den Epidermiszellen und sind sehr zahlreich; die Oberhautzellen der Aussenseite sind an den Radialwänden viel dünner. Das Mittelgewebe der inneren Hüllkelchblätter ist ähnlich wie das der äusseren gebaut, doch besitzen die mechanischen Platten nur wenige Reihen von Sklerenchymfasern und das innere farblose Schwellgewebe ist auf zwei Reihen kleiner dünnwandiger Zellen reducirt.

7. Der Blüthenboden, der das organische Ende der Axe darstellt, besteht im Wesentlichen aus einem oberflächlichen, festen und harten Gewebe mit rundlichen, ziemlich kleinen, gelbbraunen Zellen (mit kleinen Intercellularen) und einem inneren markartigen Parenchym. Das Oberflächengewebe wölbt sich zu kleinen Hügeln auf,

[1]) Tschirch-Oesterle, Anat. Atlas, Taf. 40, Fig. 16, scb.

deren Scheitel etwas vertieft ist und die Insertionsstelle der Blüthen bildet; daselbst sieht man auch kleine Gefässbündel endigen. Das innere Markgewebe, in seinen centralen Partien häufig zerrissen und auch fehlend, besteht aus grossen rundlichen, farblosen und leeren Zellen, deren Wände an jenen Stellen, wo die Zellen mit einander zusammenhängen, reichlich getüpfelt sind; da zwischen den Zellen viele und grosse Intercellularen vorhanden sind, so zeigen die an Intercellularen grenzenden Partien der Zellwände keine Tüpfel und insoferne kann man von einer Localisirung der Tüpfel sprechen; auch muss dort selbstverständlich, wo keine Tüpfel vorhanden sind, die Wandstelle dünner sein. Trotz ihrer Grösse und Weichheit leiden die (unverholzten) Markzellen beim Zermahlen der Blüthen nicht sonderlich und können im Pulver reichlich aufgefunden werden.

8. Der hohle Blüthenstiel besitzt zwölf Rippen, die von Kollenchymgeweben ausgefüllt werden; ferner enthält er ebensoviele Gefässbündel und Secretschläuche.

Im Pulver findet man von den angegebenen Gewebeformen hauptsächlich die Bestandtheile der Hüllkelchblätter und des Fruchtknotens, dann Fragmente der Blumenkronen und zahlreiche Pollenkörner.

Die von Malfatti (l. c.) durchgeführte Untersuchung der kaukasischen Insectenpulverblüthen ergab sehr ähnliche Resultate, so dass die Unterschiede zwischen den beiden Hauptsorten der Droge nur gering sind. Der Fruchtknoten der kaukasischen Art hat neun bis zehn Rippen; Einzelkrystalle fehlen, es sind nur Drusen von Calciumoxalat vorhanden.

Als Fälschungsmittel[1]) des Insectenpulvers werden die Blüthenkörbchen anderer Compositen, insbesondere Chrysanthemum Leucanthemum L. und Helichrysum arenarium DC. (Flores Stoechadis citrinae, gelbes Katzenpfötchen, Sanduhrkraut, gelbes Mottenkraut) angegeben. In neuerer Zeit wird auch das Kraut der dalmatinischen Insectenpflanze in den Handel gebracht; wahrscheinlich wird es mit den Blüthen vermahlen.

---

[1]) Vergl. H. W. Snow, Ueber Ermittelung der Verfälschung des Insectenpulvers, Stearn's A new Idea, 1885, Sept.-Okt.-Heft; Ref. in Zeitschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver. 1886, S. 75.

Siebentes Capitel.

Früchte und Samen.

Gleich den Faserstoffen und dem Holze gehören die Früchte und Samen zu den wichtigsten Pflanzenrohstoffen, da sie sowohl als Nahrungsmittel und Gewürze, als auch als industriell verwerthbare Objecte, z. B. zur Gewinnung fetter und ätherischer Oele, der Stärke, als Gerb- und Farbmittel, als Nebenproducte zur Thiermast u. s. w. eine ausserordentlich grosse Anwendung erfahren.

Vielfältig sind die Anforderungen, die an den technischen Mikroskopiker in Bezug auf diese Waarengruppe gestellt werden; er soll die Abstammung ganzer Früchte und Samen feststellen, die Zusammensetzung gepulverter Objecte dieser Gruppe angeben, Beimischungen, Verfälschungen ausfindig machen, Werth oder Unwerth einer solchen Waare begründen und bei der grossen Mannigfaltigkeit sowohl der äusseren Gestaltung, wie des histologischen Aufbaues, und bei dem Reichthum an verschiedenen Inhaltsstoffen — Früchte und Samen sind ja die hauptsächlichsten Speicher der Reservenährkörper der Pflanzen — bedarf es einer genauen Kenntniss der Fruchtformen und der Gewebebestandtheile.

Wir wollen daher der mikroskopischen Untersuchung dieser Objecte die Besprechung der wichtigsten morphologischen Verhältnisse und eine Uebersicht der Fruchtformen vorausschicken.

I. Fruchtformen und Morphologisches über die Frucht.

Das Gynaeceum der Blüthe besteht aus einem oder mehreren oder vielen Stempeln. Ein Stempel oder Pistill setzt sich entweder aus einem Blatte oder aus mehreren Blättern zusammen. Nach der typischen äusseren Gestaltung unterscheidet man bekanntlich an einem Blatte die Blattscheide, den Blattstiel und die Blattspreite (Blattfläche). Von den drei Abschnitten des Stempels entspricht der Fruchtknoten oder das Ovarium der Blattscheide (bezw. mehreren Blattscheiden, wenn der Stempel aus mehreren Blättern gebildet wird), der Griffel dem Blattstiel und die Narbe einer meist sehr verkümmerten Blattspreite. Die Blüthe der Schwertlilien, des Crocus haben bekanntlich flächen- oder fadenförmig entwickelte Narben, an denen die Natur der Blattspreite noch besser ausgeprägt ist. Reift nun nach der Befruchtung der Stempel heran, bis er das Ende seines Wachsthums erreicht hat, so ist er zur Frucht geworden. Frucht

ist also der vollständig ausgewachsene, „reif gewordene“ Stempel. Ein Beispiel für die Frucht im Sinne dieser Definition ist die Pflaume, die Mohnkapsel, die Hülse der Schmetterlingsblüthler u. s. w.

In sehr vielen Fällen reicht aber diese Definition der Frucht bei weitem nicht aus. Denn an der Entwicklung der Frucht können auch die Deckblätter oder der Blüthenstiel mehr oder weniger Antheil nehmen und die Apfelfrucht liefert uns ein allbekanntes Beispiel hiefür. Die Stempel der Kernobstblüthen sind in einer krugförmigen Aushöhlung des Blüthenstieles (Blüthenbodens) enthalten, mit der Wand dieses Kruges verbunden und beide, Stempel und Blüthenboden wachsen zu einem Körper, der Apfelfrucht heran. Noch auffälliger sehen wir die Betheiligung des Blüthenstieles an der Fruchtbildung der Rose, wo derselbe das rothe Receptakel darstellt, in dessen Höhle die Früchtchen geborgen sind, oder an der Erdbeere, auf deren fleischigem, rothem, süssschmeckendem Blüthenboden die Früchtchen aufsitzen. Man hat nun diese Bildungen den echten, nur aus dem Stempel entstandenen Früchten als Scheinfrüchte gegenübergestellt und rechnet zu diesen auch noch andere morphologisch gänzlich verschiedene Fruchtformen, wie die Feige, die Ananas, die eigentlich Fruchtstände oder Haufen verwachsener Früchte sind, u. a. m.

Eine weitere Schwierigkeit, die Definition der Frucht und eine Uebersicht der Fruchtformen in befriedigender Weise anzugeben, liegt darin, dass es bekanntlich Blüthen gibt, die nur einen Stempel haben und daher nur eine Frucht entwickeln, und wieder Blüthen mit mehreren Stempeln; für die Früchte, die aus einer mehrstempeligen Blüthe entstammen, hat man den Ausdruck Sammelfrucht angewendet. Nun ist aber nach dieser Darstellung die Scheinfrucht der Rose oder der Erdbeere ebenso eine Sammelfrucht, weil die Früchtchen der Scheinfrucht aus einer Blüthe entstanden sind. Endlich kann auch aus einem mehrfächerigen Stempel nur eine Frucht sich entwickeln, die aber bei der Vollreife in mehrere als Einzelfrüchte zu betrachtende Theile zerfällt, wie die Spaltfrüchte der Doldenpflanzen.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass eine Erweiterung des Begriffes Frucht sehr empfehlenswerth erscheint und die Eintheilung der Fruchtformen sich hauptsächlich auf die Abstammung der Frucht aus einer oder mehreren Blüthen, auf die verschiedene Art des Verhaltens der Früchte bezüglich der Loslösungen von der Axe oder der Befreiung der Samen begründen soll.

Nach G. Beck[1]) kann man die Frucht definiren „als jene besonderen metamorphosirten Organe der Pflanzen, welche die Samen bis zur Reife einschliessen, dann ausstreuen oder mit denselben von der Mutterpflanze abgetrennt werden".

Im Folgenden wird eine Classification der Früchte (nach Beck) gegeben, wobei auch zugleich die morphologischen Erläuterungen angeführt werden.

I. Einfache Früchte: Die Frucht aus einer Blüthe gebildet.

A. Streufrüchte. Die Früchte öffnen sich (Dehiscenz der Frucht) und streuen die Samen aus (Springfrüchte).

1. Einfache Streufrüchte, Apocarpium dehiscens oder balgartige Früchte; die Früchte sind nur aus einem sich öffnenden Blatte gebildet.

a) Echter Balg Folliculus): Die Oeffnung erfolgt an einer Naht; hieher trockene Balgfrucht (Rittersporn), fleischige Balgfrucht (Pfingstrose), der sog. Doppelbalg der Asclepiadaceae.

b) Hülse (Legumen). Die Oeffnung erfolgt an der Rücken- und Bauchnaht; kommt trocken (Wicke), fleischig (gewisse Phaseoleae) und holzig vor (Proteaceae).

c) Schlauch (Utriculus). Die Oeffnung erfolgt unregelmässig (Wasserlinse).

2. Sammelspringfrüchte oder Kapseln, Syncarpium dehiscens. Die Früchte sind aus zwei bis mehreren mehr minder verwachsenen Fruchtblättern gebildet, die sich in verschiedener Weise öffnen.

d) Kapsel. Die Oeffnung der Fruchtblätter erfolgt der Länge nach und zwar fachspaltig, wandbrüchig u. s. w. Hiezu auch die Schote der Cruciferen.

e) Büchse (Pyxidium). Die Früchte öffnen sich umschnitten durch einen Deckel (Bilsenkraut).

[1]) G. R. v. Beck, Versuch einer neuen Classification der Früchte. Verhandlungen der k. k. zool.-bot. Gesellsch. in Wien. Jahrg. 1891, S. 307—312.

f) Porenkapsel. Oeffnung durch Poren (Mohnkapsel).

g) Schlauchkapsel. Die Oeffnung erfolgt unregelmässig (Chenopodium).

B. Fallfrüchte. Frucht geschlossen abfällig oder einzelne den Samen umschliessende Theile der Frucht abfällig.

3. Einfache Schliessfrucht, Apocarpium indehiscens oder Monocarpium. Frucht aus einem Fruchtblatte gebildet, geschlossen.

h) Nuss (Nux). Perikarp trocken (lederig, hornig etc.), ungeflügelt und geflügelt, oder mit fleischigen Hüllen versehen (Rose, Erdbeere). Die geflügelte Frucht heisst Flügelfrucht, Samara (Dalbergia).

i) Einfache Steinfrucht (Drupa). Perikarp aussen fleischig, saftig, innen fest, holzig (Steinobst).

k) Einfache Beere (Bacca apocarpa). Perikarp fleischig (Sauerdorn, Tamarindus).

4. Einfache Gliederfrucht, Apocarpium mericarpum, Lomentum. Die aus einem Fruchtblatte gebildete Frucht zerfällt in mehrere meist einsamige geschlossene Theile.

l) Gliederhülse (Lomentum). Quer in einsamige Theile zerfallend (Acacia).

m) Rahmenhülse (Craspedium). Quer in einsamige Theile zerfallend, doch Bauch- und Rückennähte als Rahmen stehen bleibend (Entada).

5. Theilfrucht, Syncarpium mericarpum oder Schizocarpium. Die aus zwei bis mehreren Fruchtblättern gebildete Frucht zerfällt in einzelne geschlossene Theile.

n) Theilnuss. Einsamige geschlossene Hälften von Fruchtblättern fallen ab (Labiatae, Asperifoliae).

o) Gliederschote. Zwei verwachsene Fruchtblätter zerfallen quer in einsamige Theile (Rettig).

p) Spaltfrucht. Zwei oder mehrere Fruchtblätter lösen sich einzeln und geschlossen von einander: Umbelliferae (Kümmel, Anis etc.), Galium, Malva. Auch geflügelt: Ahorn.

6. Sammelschliessfrucht, Syncarpium indehiscens oder Polycarpium.

q) Achaenium, Nüsschen. Perikarp trocken. Frucht unterständig (Compositae); wenn oberständig: Caryopse, Kornfrucht, oder Glans, Eichenfrucht.

r) Sammelsteinfrucht, Drupa syncarpa. Perikarp aussen fleischig, saftig, lederig oder faserig, fest, oft holzig (Cocosnuss, Kreuzdorn, Wallnuss, Apfelfrucht, Rauschbeere).

s) Beere, Bacca syncarpa. Perikarp fleischig, saftig. Wenn das Exokarp zart und die Beere oberständig = Uva (Weinbeere), wenn unterständig = Bacca (Heidelbeere); wenn das Exokarp fester und derber, die Beere oberständig = Hesperidium, Citrusfrucht; wenn unterständig = Kürbisfrucht; wenn quergefächert = Balausta (Granatapfel).

II. Zusammengesetzte Früchte. Frucht aus zwei oder mehreren Blüthen gebildet.

7. Zapfen, Conus, strobilus. Fruchtstand meist abfällig und die Samen ausstreuend (Pinus).

8. Verwachsene Früchte oder Fruchthaufen. Fruchtblüthen verschieden verwachsen und meist zusammen abfällig. Doppelbeere von Lonicera, Maulbeerfrüchte, Ananas.

9. Fruchtstände. Früchte mehrerer Blüthen frei, doch zusammen abfällig: Fruchtköpfe, Feige, Wachholderbeere, Perrückenstrauchfrüchte, Klette.

Im Allgemeinen bezeichnet man die Fruchtwand als Perikarp; in vielen Fällen lässt dieselbe drei mehr oder weniger gut unterscheidbare Schichten erkennen, die eine verschiedene histologische Beschaffenheit und dieser entsprechend eine verschiedene physiologische Aufgabe besitzen. Die drei typischen Schichten sind besonders deutlich an der Pflaume entwickelt. Die dünne äussere Haut, durch den

bläulichen Reif (Wachs) ausgezeichnet, wird Aussenfruchtschicht, Exokarp oder Epikarp, das saftige süsse Gewebe die Mittelfruchtschicht oder Mesokarp, die steinharte Schale die Innenfruchtschicht, Steinkern oder Endokarp genannt. Der letzteren kommt hauptsächlich der Schutz des weichen und mit einer dünnen Schale bekleideten Samens zu; eine gleiche scharfe Scheidung der Schichten zeigt die Cocosnuss, bei welcher das Mesokarp faserig ist und als ein bekannter Faserstoff (Coir) Verwendung findet. Das Endokarp ist in diesem Falle aus verholzten, stark verdickten Sklereiden zusammengesetzt, die entweder isodiametrisch sind und den sog. Steinzellen entsprechen oder auch eine prosenchymatische Streckung besitzen; somit ist das Endokarp, wenn es als Sklerokarp entwickelt ist, ziemlich einförmig gebaut. Bei der Beere, vielen Kapseln dagegen ist das Endokarp auf eine einfache Zelllage beschränkt, welche den Charakter einer Oberhaut (innere Fruchthaut) besitzt. Auch an dem sklerenchymatischen Endokarp bildet eine epidermisartige Zelllage den Abschluss gegen den inneren Hohlraum der Frucht.

Das Mesokarp stellt in sehr vielen Fällen ein dünnwandiges Parenchym vor, dessen Zellen einen reichen und sehr verschiedenartigen Inhalt besitzen können. In saftigen Früchten enthalten sie Wasser, in welchem Zucker und andere Stoffe gelöst enthalten sind; der Inhalt kann weiters aus fettem Oele, Kohlehydraten, Gerbstoffen u. s. w. bestehen. In den meisten durch Geruch und Geschmack ausgezeichneten, sog. aromatischen Früchten sind ätherische Oele, Weichharze u. s. w. in eigenen Secretbehältern eingeschlossen. Milchsaft führende Früchte besitzen Milchsaftgefässe, deren Hauptstämme sich an die Gefässbündel anschliessen. Ein ausserordentlich häufig vorkommender Körper ist das Calciumoxalat, das in Einzelkrystallen, in Drusen und in Raphiden (Krystallnadeln in Bündeln) auftritt. Indem in dem Gewebe des Mesokarps Steinzellen und Steinzellgruppen, Gefässbündel, Trennungsschichten sich entwickeln, kann der Bau desselben ein mehr oder weniger complicirter werden. „In manchen Fällen gehen die innere Fruchthaut und gewisse, der Fruchthöhle angehörende Theile, wie das leitende Zellgewebe und die Samenträger, in die Umbildung der Mittelschicht, in ein saftreiches Gewebe ein und stellen dann, in Gemeinschaft mit den inneren Partien des letzteren, eine aus locker unter einander zusammenhängenden und zum Theile isolirten, saftstrotzenden, dünnwandigen, sphäroidalen Zellen bestehende Masse, den Fruchtbrei (Pulpa), dar[1])." Das

[1]) A. Vogl, Arzneikörper, S. 135.

Exokarp bildet in der Regel eine Epidermis mit Spaltöffnungen und häufig auch mit Trichomen; mitunter zeigen die Zellen eine palissadenartige Entwicklung.

II. Der Same.

Als Samen bezeichnet man jenes Endproduct der generativen Thätigkeit der Pflanze, welches den Keim oder Embryo, d. i. die zukünftige Pflanze in noch unentwickeltem Zustande enthält. Die Hauptbestandtheile des Samens sind die Schale und der Kern. Um den Aufbau derselben zu verstehen und die Bedeutung der einzelnen Theile — besonders des Kernes — zu erkennen, müssen wir die Entwicklungsgeschichte des Samens von seiner ersten Anlage an in ihren Hauptzügen verfolgen.

An einer bestimmten Stelle der Innenwand des Fruchtknotens — der sog. Placenta — entsteht ein Gewebehöcker, die Samenanlage (Samenknospe, Ovulum); dieselbe ist entweder durch eine breite Anwachsstelle mit der Placenta verbunden und heisst dann sitzend, oder durch einen dünnen Gewebestrang, der als Funiculus, Nabelstrang (Fig. 182 u. 183, F) bezeichnet wird. Die Hauptmasse der Samenanlage besteht aus einem zarten meristematischen Gewebe und heisst der Knospenkern oder Nucellus (Fig. 182 u. 183, n). Der Knospenkern ist von einer oder von zwei, sehr selten von drei Hüllen, den (äusseren und inneren) Integumenten (Fig. 182—183, ai, ii) umschlossen, die an der Spitze einen sehr kleinen Canal, die Mikropyle (m) frei lassen; diese führt zum Scheitel des Nucellus (Kernwarze, Fig. 183, w). Das im Funiculus verlaufende Gefässbündel tritt in die Samenanlage ein und endet an der Basis des Knospenkernes; diese Stelle, die auch am Samen häufig in bestimmter Weise gekennzeichnet ist, heisst der Knospengrund, die organische Basis oder die Chalaza (ch). Ebenso ist die Stelle, an welcher der Funiculus an der Samenanlage inserirt, oder die letztere an der Placenta, falls der Funiculus nicht entwickelt ist, am reifen Samen sehr deutlich ausgeprägt, sie wird der Nabel oder Hilum genannt. Bei einigen Pflanzen entsteht aus der Placenta oder dem Funiculus noch eine besondere Hülle des Samens, der sog. Samenmantel oder Arillus (z. B. die Macis oder Muskatblüthe).

Die verschiedenen Entwicklungsformen der Samenanlagen lassen sich in drei Haupttypen zusammenfassen, die in Fig. 183 bildlich dargestellt sind. Ist an einer Samenanlage der Nucellus gerade und

die Mikropyle dem Nabel gegenüber, so heisst diese Samenanlage geradläufig, orthotrop, atrop (Fig. 183, A, C); ist sie dagegen

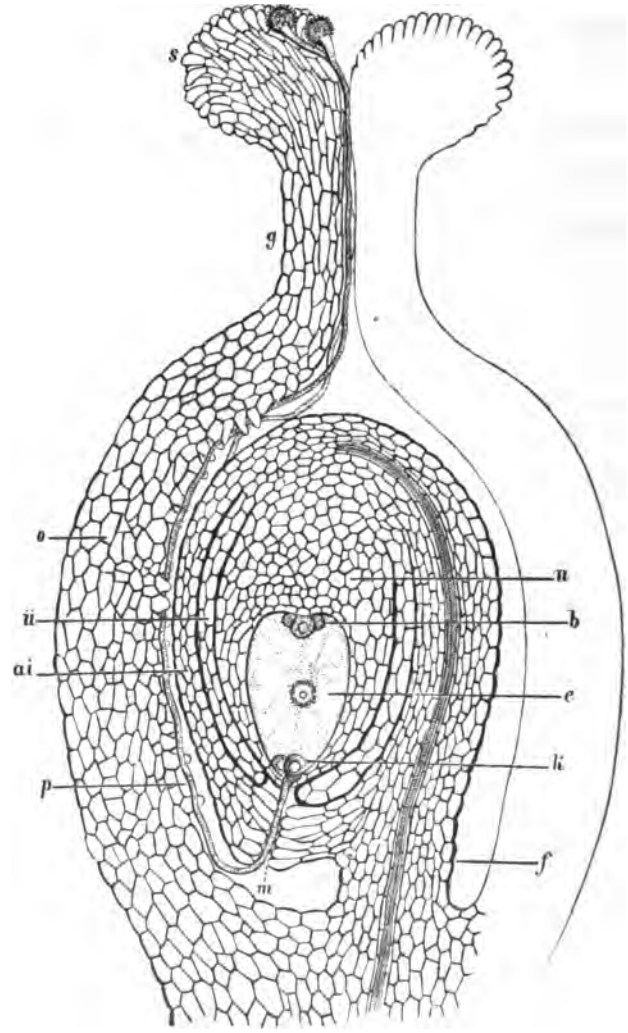


Fig. 182. Stempel mit anatroper Samenknospe beim Akte der Befruchtung, im Längsschnitte, schematisch (Luerssen). o Fruchtknoten, s Narbe mit zwei Pollenkörnern, welche Schläuche p getrieben haben, von welchen einer zur Mikropyle m gelangt ist und an das Gewebe des Nucellus n sich angelegt hat; e Embryosack mit Centralkern; b Antipoden, f Funiculus (Nabelstrang), in demselben ein Gefässbündel verlaufend; ai äusseres, ii inneres Integument der Samenanlage.

am Grunde des Nucellus umgebogen und dem Funiculus der Länge nach angewachsen, so wird sie als gegenläufig, anatrop (Fig. 182, 183, D—G) bezeichnet. Die Verwachsungsstelle des Funiculus mit

der Samenanlage heisst die Samennaht oder Raphe, die auch am fertigen Samen durch eine mehr oder weniger hervorstehende Kante, Rippe oder eine sonst erkennbare Linie ausgeprägt ist. Ist der Nucellus gekrümmt, so erhalten wir eine krummläufige, campylotrope Samenanlage (Fig. 183, B). Die Richtungen, in welchen die Samenanlagen von der Placenta abgehen, und zwar aufrecht, horizontal, hängend, sind aus der Fig. 183, B, C, F, G ersichtlich; ferner zeigt

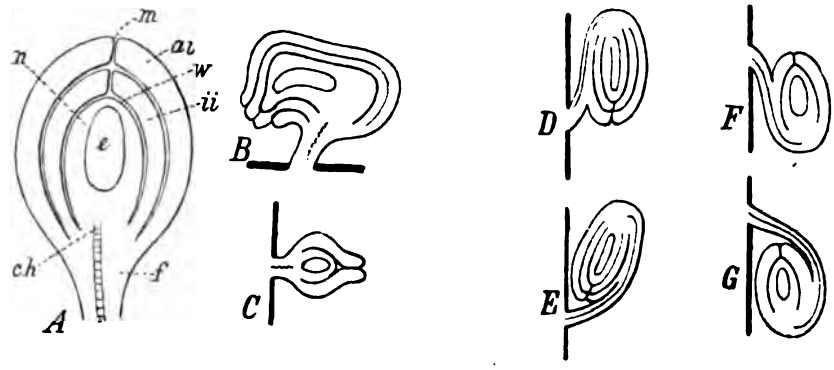


Fig. 183. Schematische Darstellung der verschiedenen Formen der Samenanlage im Längsschnitt (Pax). — A Orthotrope Samenanlage mit 2 Integumenten; f Funiculus, ch Chalaza, n Nucellus, w Kernwarze, ai äusseres, ii inneres Integument, m Mikropyle, e Empryosack. — B aufrechte, campylotrope, C horizontale orthotrope, D aufsteigende anatrope Samenanlage mit bauchständiger Raphe, E ebensolche mit rückständiger Raphe; F hängende anatrope Samenanlage mit bauchständiger, G ebensolche mit rückständiger Raphe. In B—G gibt der neben der Samenanlage verlaufende, dicke Strich die Lage der Placenta an.

Fig. 183, D, F und E, G, ob die Raphe der Placenta zugekehrt ist (bauchständig) oder von dieser abgewendet (rückenständig).

In Bezug auf die Entwicklung des Keimes genügen für uns folgende kurze Erörterungen. Der Embryosack, eine gewaltig ausgedehnte Zelle, enthält einen Zellkern, der sich in zwei Theile spaltet; das eine Theilproduct wandert zur Spitze (Scheitel, Kernwarze), das andere zum entgegengesetzten Ende, jedes bildet wieder vier Korntheile; drei derselben verbleiben an den angegebenen Stellen und werden durch Bildung von Zellmembranen zu Zellen; die vierten Korntheile jeder Abtheilung treten zusammen und vereinigen sich zu einem Centralkern (Fig. 182, e). Von den drei am Scheitel stehenden Zellen wird eine zur Eizelle, die beiden anderen heissen Gehilfinnen oder Synergiden. Aus der Eizelle entwickelt sich nach der Befruchtung der Embryo. Die an der Basis des Embryosackes befindlichen Zellen heissen Antipoden.

Bei der Entwicklung des Embryos aus den Eizellen zeigen der Embryosack und das Nucellusgewebe ein verschiedenes Verhalten,

nach welchem man drei typische Entwicklungsarten und drei Samenformen unterscheiden kann.

Während sich nämlich aus der Eizelle der Embryo entwickelt, entsteht im Embryosack, also gewissermassen an und neben dem

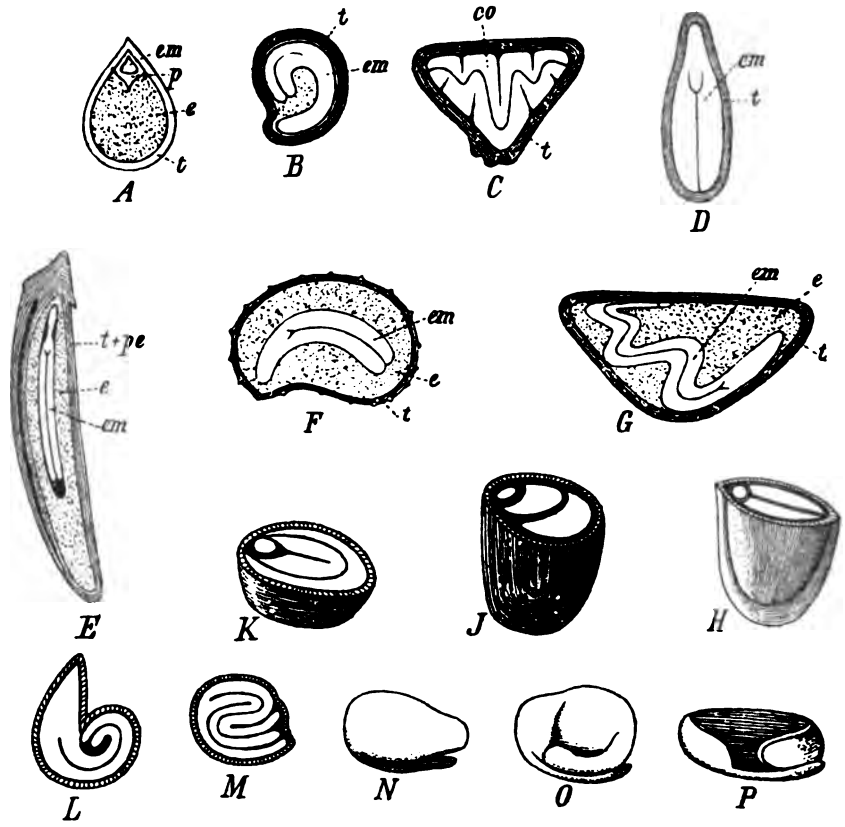


Fig. 184. Quer- und Längsschnitte durch Früchte und Samen. (Pax, zum Theil nach Harz.) A Saururus Loureiroi; B Sesuvium Portulacastrum; C Fagus sylvatica; D Amygdalus communis; E Peucedanum Palimba; F Papaver somniferum; G Convolvulus arvensis; H Cheiranthus Cheiri; J Alliaria officinalis; K Brassica; L Bunias; M Heliophila; N herauspräparirter Keimling von Acer pennsylvanicum; O desgl. von A. platanoides; P desgl. von A. Negundo. — co Keimblatt, em Embryo, pe Pericarp, t Samenschale. Bei E, F und G bedeutet e das Endosperm, bei A bedeuten p das Endosperm und e das Perisperm.

werdenden Embryo ein Gewebe, in welchem stickstoffhältige Körper, Kohlehydrate, Fett u. s. w. meist in reichlicher Menge aufgespeichert werden. Dieses Gewebe wird als Keimnährgewebe, Endosperm (inneres Eiweiss, Albumen) bezeichnet. Bleibt es bis zur vollständigen Entwicklung des Keimes in räumlich ziemlich bedeutender Ausdehnung (wobei der Keim selbst meist klein ist) erhalten, so heisst

ein damit versehener Same ein endospermhältiger (Fig. 184, E, F, G und Fig. 185, D). Wird das Nährgewebe dagegen schon während des Aufbaues des Keimes verbraucht und auch das Gewebe des Nucellus verdrängt, so besteht der Same nebst der Schale nur aus dem (grossen) Embryo und wird ein endospermfreier (eiweissloser, Fig. 184 C, D, H—M) genannt. Ein bekanntes Beispiel hiefür bieten die Samen der Papilionaceen, wie Erbsen, Bohnen etc. Es muss aber ausdrücklich bemerkt werden, dass Reste des Endosperms oder des Nucellus mikroskopisch sehr häufig nachgewiesen werden können. Was man in der Anatomie der Samen als hyaline Schicht bezeichnet, sind zumeist solche Nucellar- oder Nährgewebsreste.

Bleibt endlich auch das Gewebe des Nucellus erhalten, wobei es räumlich zugenommen und gleichfalls als Nährgewebe Reservenährstoffe aufgespeichert hat, so wird es im Samen als äusseres Nährgewebe, Perisperm (Fig. 184, A) bezeichnet; so macht beispielsweise die Hauptmasse des stärkemehlhaltigen Nährgewebes in der Pfefferfrucht das Perisperm aus.

Aus den Integumenten der Samenanlage entwickelt sich die Samenschale, Testa; lässt dieselbe zwei von einander trennbare Theile erkennen, so wird der äussere die eigentliche Samenschale, Testa im engeren Sinne, der innere die innere Samenhaut oder Tegmen genannt.

Der Embryo — von besonderen uns hier nicht weiter berührenden Fällen abgesehen — besteht aus einer Axe und Anhangsorganen. Die Axe gliedert sich in einen Wurzeltheil, Radicula, Keimwürzelchen, welches immer mit seiner Spitze zur Mikropyle, bei anatropen Samen dem Nabel zugekehrt ist, und in einen eigentlichen Axentheil, dem Knöspchen oder Plumula (vergl. Fig. 29 auf S. 38). Ausserdem trägt der Keim ein oder zwei oder mehrere Anhangsorgane, sog. Keimblätter, Kotyledonen. Man unterscheidet danach bekanntlich einkeimblättrige, monokotyle, und zweikeimblättrige, dikotyle Pflanzen. Die Coniferenkeime besitzen mehrere — bis sechzehn — Keimblätter. (Ein bestimmtes Axenstück unter den Keimblättern, das gleich dem Stamme negativ geotropisch sich verhält und aufwärts wächst — daher die Keimblätter beim Keimen häufig von dem Boden erhoben werden — führt den Namen hypokotyles Stengelglied oder Hypokotyl.) Nachdem wir nun über die morphologischen Verhältnisse der Früchte und Samen informirt worden sind, wollen wir an einzelnen für die Praxis werthvollen Beispielen die mikroskopische Untersuchung demonstriren.

III. Mikroskopische Untersuchung typischer Beispiele von technisch verwertheten Früchten und Samen.

Die Weizenfrucht [1]).

Die Getreidefrüchte, zu welchen Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais, Reis und Hirse gehören, sind die werthvollsten Pflanzenproducte, da sie uns bekanntlich die unentbehrlichen Nahrungsmittel Mehl und Brot liefern. Aber auch in rein technischer Beziehung besitzen sie eine grosse Bedeutung, indem ihre wichtigsten Inhaltsstoffe, wie Stärke und Eiweiss, sowie gewisse Abfallproducte der Müllerei vielfältige Anwendung erfahren. Wenn nun auch eine ausführliche mikro-

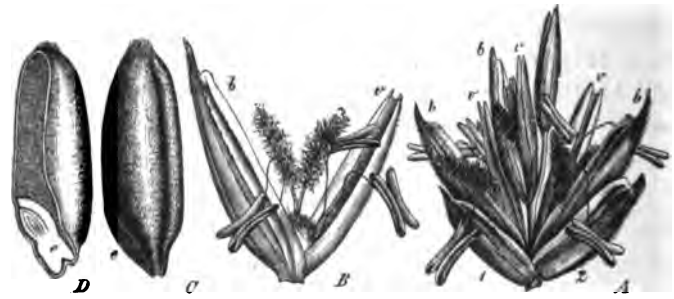


Fig. 185. Weizen (Schumann). A Aehrchen, 1 und 2 Hüllspelzen, b Deck-, v Vorspelzen. B einzelne Blüthe, C und D Frucht, e Keimling.

skopische Erörterung derselben dem Gebiete der Nahrungsmittelkunde angehört, so soll hier doch an der Weizenfrucht der allgemeine Bau dieser Rohstoffe behandelt werden, um den technischen Mikroskopiker über diesen Fruchttypus zu informiren; er lernt somit auch die Organe kennen, welche die schon besprochenen wichtigsten Stärkearten liefern.

Spricht man von Weizen schlechtweg, so wird wohl vornehmlich

---

[1]) F. Kudelka, Ueber die Entwickelung und den Bau der Frucht- und Samenschale unserer Cerealien, Inaug.-Diss. Berlin 1875. — Harz, Landwirthschaftliche Samenkunde, Berlin 1885, Bd. II, S. 1178 und 1182. — v. Höhnel, Die Stärke und die Mahlproducte, S. 91. — Autor, Die Nahrungs- und Genussmittel etc., Cassel 1884, S. 8. — J. Moeller, Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel, Berlin 1886, S. 89. — Wittmack in Dammer's Lexikon der Verfälschungen, Leipzig 1887, Artikel Mehle S. 535. — Tschirch-Oesterle, Anatomischer Atlas, Leipzig 1895, Lief. 9, Taf. 42, S. 181—185. — A. Vogl, Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genussmittel, Wien 1899, S. 60.

der gemeine Weizen, Triticum vulgare Vill. gemeint, dessen Cultur von allen Arten die am weitesten verbreitete ist[1]).

Die Frucht des gemeinen Weizens (Fig. 185, D, C), welche bei der Reife aus den Spelzen (Fig. 185, A, B, b, v) herausfällt, ist länglich eiförmig, stumpf dreikantig, oft etwas bauchig, auf der Rückseite gewölbt oder mit einer Andeutung eines stumpfen Kieles versehen und von da an zur Basis flach eingedrückt und daselbst runzelig (Stelle des Keimes); sie besitzt auf der Bauchseite eine Längsfurche, hinter welcher, wie der Querschnitt zeigt, eine Lücke sich befindet; den Scheitel überzieht der fein- und kurzhaarige „Bart". Die Grundfarbe ist gelbbräunlich, kann aber bis gelblichweissgrau und bis braunroth abändern. Die Fruchtschale ist mit der Samenschale verwachsen, die Frucht einsamig, oberständig, daher eine Caryopse (vergl. S. 309). Ein Längsschnitt (Fig. 185, D) zeigt an der Basis den kleinen Keim, der durch sein fettiges Aussehen von dem mehligen Nährgewebe sich deutlich abhebt.

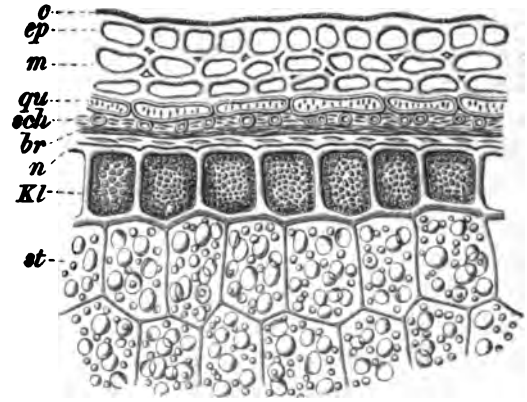


Fig. 186. Querschnitt der Randpartie der Weizenfrucht (Tschirch). ep Epidermis mit Cuticula, m Mittelschicht, qu Querzellen, sch Schlauchzellen, br und n Samenhaut, kl „Kleber-"Schicht, st Stärke führendes Endosperm.

Wir finden also als Bestandtheile der Frucht: die Fruchtsamenschale, den Mehlkern (Nährgewebe) und den Keim.

Der Bau der Fruchtsamenschale muss an Quer- und Längsschnitten studirt werden. Querschnitte legt man in Chloral oder in verdünnte Kalilauge; Längsschnitte sind schon zumeist in Wasser sehr deutlich; sehr vortheilhaft ist es, die einzelnen Gewebselemente aus der Kleie, nachdem man sie durch methodische Untersuchung der Frucht kennen gelernt hat, zu bestimmen, wodurch man bald eine grosse Gewandtheit in der Definition derselben erlangt.

[1]) Die Gattung Triticum zerfällt in die echten Weizenarten, wozu Triticum vulgare Vill., Tr. aristatum Schübl., Tr. turgidum L., Tr. durum Desf. und Tr. polonicum L. gehören und in die Gruppe Spelzweizen; diese umfasst Tr. Spelta L., Tr. dicoccum Schrank und Tr. monococcum L., welche eine zerbrechliche Aehrenspindel und von den Spelzen umschlossen bleibende Früchte besitzen.

Der Querschnitt der Weizenfrucht (Fig. 186) zeigt uns zunächst drei scharf geschiedene Abschnitte: eine aus verschiedenen Elementen zusammengesetzte äussere Abtheilung — die Fruchtsamenschale ep—n, eine Reihe grosser dickwandiger, mit reichem Inhalt versehener Zellen, die Aleuronschichte (kl) und die Stärkekörner enthaltenden Zellen des Nährgewebes oder Mehlkernes (st).

Die erste Abtheilung besitzt zu äusserst die Oberhaut mit einer dünnen Cuticula (ep), ein Parenchymgewebe, welches Mittelschicht genannt wird (m), und eine sehr eigenthümliche Schicht quergestellter Zellen (qu), denen auf der Innenseite die Schlauchzellen (sch) aufliegen; diese letzteren stellen den Rest der inneren Fruchtoberhaut dar; es sind also die Schichten ep—sch das Perikarp, von welchem sich die Epidermis mit der Aussenschicht, das Parenchym mit der Mittelfruchtschicht, die Querzellenreihe mit einem Endokarp vergleichen lässt. Die folgenden zwei Zelllagen br und n bilden die Samenschale.

Die Oberhaut (Fig. 186, ep, 187, I) besteht aus Tafelzellen, die im Querschnitt rechteckig sind und eine dicke Aussenwand zeigen, in der Flächenansicht in der Richtung der Fruchtlängsaxe gestreckt und an den geraden Seitenwänden gleichmässig getüpfelt erscheinen. Eine dünne Cuticula (c) überdeckt dieselben. Am Scheitel sind die Haare des sog. Bartes reichlich zwischen den Oberhautzellen eingeschaltet. Dieselben (Fig. 188, II) sind einzellig, verlaufen meist einfach oder S-förmig gekrümmt, erreichen eine Länge bis über 1 mm und besitzen einen abgerundeten, mitunter schiefen grobgetüpfelten Basistheil mit weitem Lumen; über demselben sind sie mitunter etwas erweitert und gehen dann fast plötzlich in einen schmalen, sehr englumigen Schaft über, der mit einer scharfen Spitze endigt; in dieser Partie ist die Wand viel dicker als die Lumenbreite. Die Haare sind ein sehr gutes diagnostisches Merkmal für das Weizenmehl; die Scheitelhaare des Roggens sind in ihrem mittleren Theile und fast bis unter der Spitze noch mit einem breiten Lumen versehen. Man kann also im Allgemeinen (mit Wittmack, der darauf zuerst aufmerksam gemacht hat) sagen, dass der Weizen dickwandige Haare mit engem Lumen, der Roggen relativ dünnwandige Haare mit weitem Lumen besitzt.

Unter der Oberhaut liegt die Mittelschicht, die aus zwei bis drei Reihen ebenfalls mit der Fruchtlängsaxe parallel gestreckter Parenchymzellen (Fig. 186, m, 187, II) zusammengesetzt ist. Diese Zellen sind wie die der Epidermis reich getüpfelt und die Ausbildung

der Poren ist von jener der Roggenfrucht gänzlich verschieden, worauf der Autor [1]) zuerst hingewiesen hat. Victor Berthold [2]) bezeichnet die Mittelschichtzellen des Weizens (die von v. Höhnel Langzellen genannt werden) als kürzer, dickerwandig und dichter getüpfelt als die des Roggens, ohne aber die eigenthümliche Form

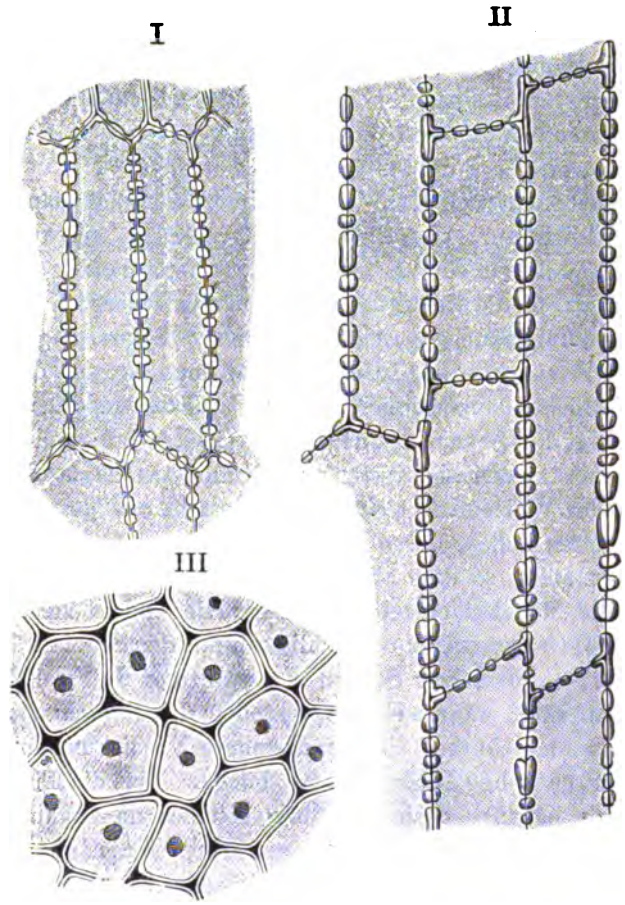


Fig. 187. Aus der Fruchtsamenschale des Weizens. Längsansichten (A. Vogl). I Partie der Oberhaut, II der Mittelschicht, III der Aleuronschicht. Mittellamelle in III schwarz.

der Porenbildung hervorzuheben. Behandelt man Flächenstücke der Mittelschicht mit verdünnter Kalilauge, so tritt eine entsprechende

[1]) Autor, Zur mikroskopischen Unterscheidung des Weizen- und Roggenmehles. Zeitschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver. 1887, Bd. XXV, S. 143.

[2]) Ueber den mikroskopischen Nachweis des Weizenmehles im Roggenmehl. Zeitschr. f. landwirthschaftliche Gewerbe, Beilage 1883.

Quellung der Zellwände ein und man findet, dass beim Weizen die durch die Porencanäle abgegrenzten Wandstücke an den Längswänden fast ausnahmslos wie Rechtecke, resp. als scharfeckig und geradlinig contourirte Flächenstücke sich präsentiren, daher die parallel zur Längsrichtung der Zellen laufenden Begrenzungslinien (richtiger Flächen) eine Gerade bilden; beim Roggen bilden diese Wandstücke ganz unregelmässige, theils rundliche, theils rhombische Figuren, wodurch die Begrenzungslinie der Längswand auf je einer Seite eine fast wellenförmig verlaufende Linie wird. Dieses differente Verhalten der Tüpfelung zeigt sich auch an den Querzellen und hier mitunter sogar noch schärfer [1]).

In manchen groben Mehl- und Kleiesorten findet man mehr oder minder reichlich unregelmässige Parenchymzellen mit kurzen Fortsätzen, mit welchen sie zu einer Art Schwammmgewebe sich vereinigen; durch die Fortsätze werden nämlich ziemlich grosse rundliche Intercellularräume geschaffen. Dieses Schwammgewebe, von Tschirch Zwischenschicht genannt, liegt hie und da unterhalb der Mittelschicht, hauptsächlich in der Furchengegend [2]).

Nun folgt die Querzellenschicht (Fig. 186, qu und Fig. 188, I). Dieselbe gehört zu den wichtigsten und auffälligsten diagnostischen Leitelementen der Weizenfruchtschale. Sie besteht aus gestreckten, sehr reichgetüpfelten Zellen, deren Längsaxe senkrecht auf der der Mittelschichtzellen steht, so dass also die Querzellen, auch Gürtelzellen genannt, die Mittelschichtzellen kreuzen; sie sind in ziemlich regelmässigen Reihen angeordnet und schliessen mit den Schmalwänden enge an einander, so dass nur Spuren von winzigen Intercellularräumen zu bemerken sind, während die Querzellen des Roggens, abgesehen davon, dass diese kürzer sind und andere Verdickungsformen aufweisen, sehr auffällige Intercellularen bilden. Was die Tüpfelung der Schmalwände betrifft, so sind darüber verschiedene Angaben bekannt. Die Schmalwände der Roggenquerzellen sind nicht getüpfelt, ziemlich stark und abgerundet; selbst in ausgekochten Präparaten fallen dieselben sehr ins Auge; an den Schmalwänden der Weizen-

---

[1]) Vergl. A. Vogl, Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genussmittel, S. 82 und Fig. 46.

[2]) Dieses Gewebe wurde erst in neuerer Zeit genauer bekannt. An mich sind öfters Anfragen gestellt worden, welchem „fremden" Pflanzenkörper diese Schwammparenchymzellen in der Kleie angehören; es gibt nämlich, wie schon bemerkt, Mehle, in welchen diese histologischen Elemente reichlicher als selbst in gewöhnlichen Kleiesorten vertreten sind, z. B. in der Weizenmehltype Nr. 7.

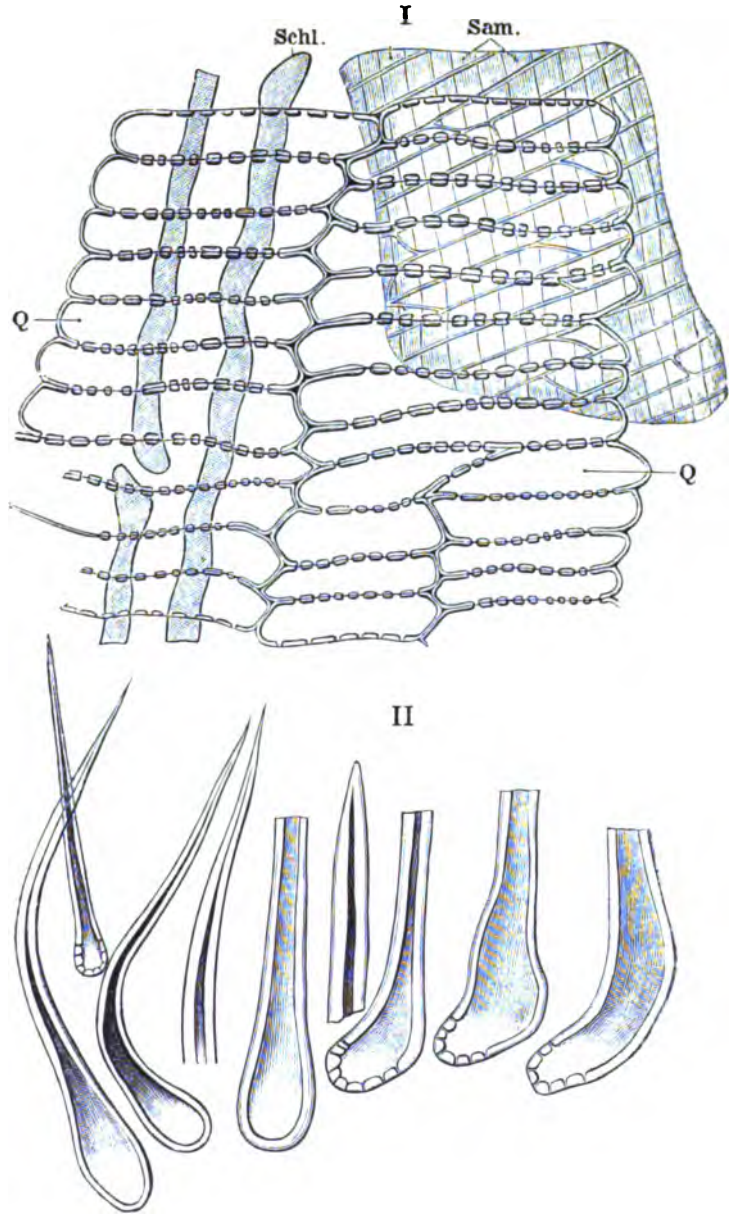


Fig. 188. Aus der Fruchtsamenschale des Weizens. Längsansichten (A. Vogl). I Partie der Querzellenschicht (Q) mit Schläuchen (Schl.) und der Samenhaut (Sam.). II Haarformen.

querzellen sind mitunter wohl Tüpfel zu sehen, aber sie sind nur undeutlich entwickelt (vergl. Fig. 188, I, Q, oben).

Da nun die Untersucher, wenn es sich um Erkennung einer Beimischung von Roggenmehl zu Weizenmehl oder umgekehrt handelt (zu Roggenbrot wird immer nur mit Weizenmehl vermischtes Roggenmehl verwendet, weil das Weizenmehl das „Aufgehen" des Teiges erleichtert und eine bessere Porenbildung des Brotes bewirkt), hauptsächlich auf die Querzellen ihr Augenmerk wenden, so sei hier besonders betont, dass die beste Probe zur Erkennung im Vergleiche liegt. Man wird das fragliche Object mit einem selbst angefertigten sicher bestimmten Vergleichspräparat zusammenhalten und dann sehr bald im Stande sein, die Abstammung festzustellen. Selbstverständlich muss das Vergleichspräparat dieselbe Behandlung erfahren haben, die dem Untersuchungsmaterial zu theil geworden in ist (z. B. Kochen verdünnter Salzsäure, darauf in Natronlauge).

Die Membran der Querzellen ist verholzt, die Innenwand ist stärker verdickt als die Aussenwand; am Querschnitt erscheinen die Tüpfel gross und, wie A. Vogl sagt, fensterartig; am Längsschnitt (Flächenansicht) sind die Wände knotig verdickt mit jener Regelmässigkeit, von welcher schon oben bei den Mittelschichtzellen die Rede war. An einzelnen Stellen tritt die Streckung der Zellen zurück, sie werden kürzer und erscheinen auch rundlich getüpfelt, also schwach verdickten Sklerenchymzellen nicht unähnlich.

Die letzte Schicht des Perikarps und dessen sehr reducirte Innenepidermis darstellend, besteht aus schlauchartigen Zellen (Fig. 186, sch, und 188, Schl), die kein zusammenhängendes Gewebe bilden, sondern meist vereinzelt unter den Querzellen liegen; sie sind parallel zu der Fruchtlängsaxe gestreckt, kreuzen somit die Querzellen und gleichen ziemlich (bis 310 μ) langen, meist dünnwandigen, unregelmässig knorrigen oder buckeligen, mit Auftreibungen versehenen Schläuchen.

Am Querschnitt finden wir nun einen sehr schmalen braunen Streifen (Fig. 186, br), der aus zwei einfachen Zellreihen gebildet wird. Das ist die Samenhaut (Fig. 188, Sam). Die äussere Reihe ist von farblosen, die innere von orangegelben oder braunen, sehr dünnwandigen, gestreckten schmalen (sich kreuzenden) Zellen zusammengesetzt. Die braune Schichte ist im Mehle in Form verschieden grosser Fetzen ausserordentlich leicht aufzufinden und auch in feinen Mehlsorten nicht selten. In Verbindung mit dieser Gewebsschicht haben wir noch ein sehr eigenthümliches Element zu beachten, das bei der Mehluntersuchung zu allerhand Irrthümern Veranlassung geben kann. In mittleren und gröberen Sorten. findet man oft überaus häufig

braune dicke, undurchsichtige Streifen, an welchen entweder auf einer oder auf beiden Seiten Fetzen von farblosen oder gelblichen, nicht deutlich definirbaren Geweben anhaften. Sieht man von diesen letzteren ab, so machen diese Stränge den Eindruck von den sog. Oelstriemen der Umbelliferenfrüchte und werden von unerfahrenen Beobachtern auch als solche bezeichnet. In der That kommen Umbelliferenfrüchte (z. B. von Caucalis) unter der Weizensaat vor und werden als Ausreuter ausgeputzt. Aber dem Untersucher wird auffallen, dass er in jedem, auch einem sehr feinen Mehle solche braune Pigmentstränge findet und er wird daher mit Recht annehmen müssen, dass sie ein Gewebebestandtheil der (meisten) Getreidefrüchte sind; vergleicht er dieselben mit den Oelstriemen verschiedener Umbelliferen, so kann er alsbald den wichtigsten Unterschied feststellen: die die letzteren begleitenden Gewebefetzen sind aus deutlich contourirten und gut wahrnehmbaren Zellen gebildet. Es ist also in den meisten Fällen fast auf den ersten Blick möglich, den Pigmentstrang von einer Oelstrieme aus einander zu halten. Der Pigmentstrang ist im Hintergrunde der Furche ganz nahe der Fruchtsamenschale gelagert und besteht aus braunen Zellen. Dieser Strang ist nach Tschirch der nächsten Schicht (Nucellarrest) zuzuzählen, die sich daselbst gewöhnlich bei der Fruchtreife von der Aleuronschicht lostrennt, so dass zwischen dem Strange und der Aleuronschicht eine Lücke entsteht. Auch die Mittelschicht ist an dieser Stelle meistens zerrissen.

Die nun folgende „hyaline Schicht“ ist der Rest des Nucellus, also ein echtes Perisperm.

Dieses Perisperm wird von einer Reihe farbloser Zellen gebildet, deren Aussen- und Innenwand so stark verdickt sind, dass das Lumen nur mehr einem Strichelchen oder einem schmalen Spalte gleicht. Die radialen Seitenwände (vom Querschnitt gesehen) dagegen sind sehr dünn. Es bedarf einer sehr sorgsamen Präparation, um diesen Bau deutlich zu sehen; man behandelt mit Chloral oder Kali; dem Unerfahrenen erscheint diese Schicht aus zwei Zelllagen zusammengesetzt, weil er das schmale durch die ganze Zellenbreite reichende Lumen für eine Wand hält. Beim Roggen sind die Zellen im Querschnitt nicht rechteckig, sondern elliptisch, deutlich von einander abgesetzt, die Wände mehr oder weniger deutlich geschichtet und verschleimt.

Nun sind wir zum Endosperm gelangt. Dieses scheidet sich in einen äusseren Mantel, die einreihige Aleuronschicht, und in den stärkeführenden Mehlkern. Die Aleuronschicht, früher

fälschlich Kleberzellenschicht, Kleberschicht genannt, besteht aus grossen, dickwandigen, farblosen, im Querschnitt quadratischen, in der Fläche gesehen polygonalen Zellen, deren Inhalt aus Aleuronkörnern zusammengesetzt ist, die in eine Oel und Plasma enthaltende Substanz eingebettet sind. Kleber ist darin, wie man früher meinte, nicht enthalten[1]). Mitunter ist eine Aleuronzelle durch eine tangentiale Querwand in zwei Zellen getheilt, von welchen die äussere Aleuron, die innere, wie A. Vogl gefunden hat, eine geringe Menge feinkörniger Stärke enthält. Die Aleuronschicht mit ihren dickwandigen Zellen und grauem Inhalt ist ein höchst charakteristisches Gewebselement der Getreidefrüchte und der Mahlproducte. Sehr ähnliche Gewebsschichten kommen auch in vielen ölführenden Samen vor.

Aussehen und Verhalten der Aleuronkörner beschreibt A. Tschirch[2]) folgendermassen: „Die Aleuronkörner sind rundlich oder mannigfach verzogen und verbogen und färben sich mit Jod nicht. Sie sind sehr klein (1—3 μ). Sie sind deutlich, wenn man einen Schnitt durch trockenes Material in Alkohol oder Osmiumsäurelösung betrachtet, aber auch beim Einlegen in Wasser oder Jodlösung bleiben sie zunächst in ihrer Form erhalten. Schwefelsäure und Kali lösen sie auf, und es bleibt alsdann ein feines Netzwerk übrig, das sich mit Jod gelb und mit Osmiumsäure braun färbt. Legt man den Schnitt statt in Wasser in Olivenöl, so sieht man nur dieses Netzwerk und die Aleuronkörner erscheinen als Hohlräume. In dem Netzwerke erblickt man alsdann rundliche oder verzogene Knoten, namentlich an den Maschenecken. Es scheinen dies Oeltröpfchen zu sein. Lässt man auf den im Wasser liegenden Schnitt Schwefelsäure einwirken, so sieht man nach einiger Zeit aus dem Netzwerke sehr kleine Tröpfchen austreten, die nichts anderes als fettes Oel sind."

Der Mehlkern, der Haupttheil des Endosperms, besteht aus grossen, sehr dünnwandigen Zellen, die mit Stärke erfüllt sind. Die Weizenstärke haben wir schon kennen gelernt (S. 34). Bei sehr vorsichtiger Behandlung der Schnitte von möglichst frischen Früchten mit sehr verdünnter Jodlösung kann man beobachten, dass die Stärkekörner in einer spärlichen Grundmasse eingebettet sind, die sich als ein Eiweisskörper erweist. Schabt man aus einer Weizenfrucht eine Partie des Endosperms heraus mit Vermeidung der

[1]) Johannsen, Studien über die Kleberzellen der Getreidearten. Vergl. Botan. Centralbl. 1883 XV, S. 305.

[2]) Anatomischer Atlas, S. 183.

Aleuronschicht und bringt ein Häufchen auf den Objectträger, so zeigen sich nach dem Zerreiben in Wasser kleine spindelige Stränge, die sich mit dem Deckglase hin- und herrollen, ausziehen und zerquetschen lassen. Das ist der Kleber und fast diesem allein verdankt das feine Mehl seinen Gehalt an Proteïnsubstanz. Die Eiweisskörper der Aleuronschicht tragen hiezu nicht viel bei. Die Praktiker wissen das schon längst und unterscheiden daher einen Mehlkleber (den wirklichen Kleber) und einen Zellenkleber (Aleuron). Auf

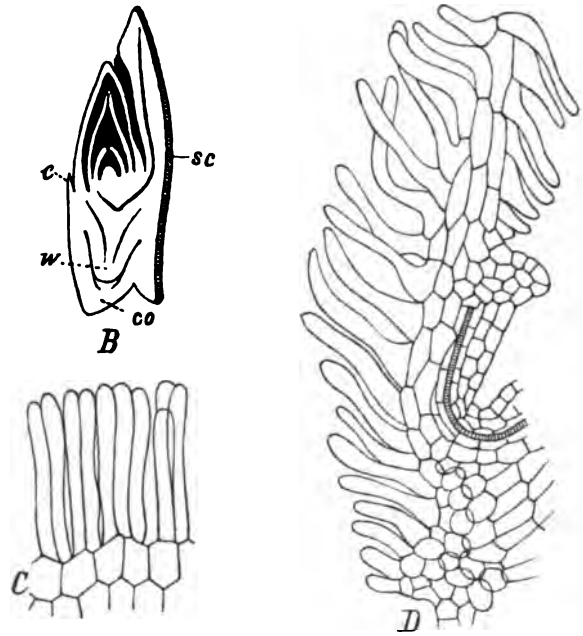


Fig. 189. B Embryo von Triticum vulgare im Längsschnitt (G. Haberlandt). W Wurzelanlage (radicula) von der Koleorhiza (co) überdeckt; sc Scutellum, die resorbirende, dem Endosperm anliegende Schicht ist dunkel gehalten; e Epiblast (nach Hackel ein verkümmerter zweiter Kotyledon). — C Zellen der resorbirenden Schicht des Scutellums. — D Frei präparirtes Scutellum vom Zittergrase (Briza minor); Längsschnitt.

die hier angegebene Eigenschaft des Klebers, sich zu Strängen beim Wälzen in Wasser zu vereinigen, also durch eine grosse Cohäsion sich auszuzeichnen und gegen eine Emulgirung grossen Widerstand leisten zu können, die dem Weizenkleber (und zum kleinen Theil auch dem Maiskleber), aber nicht dem Roggenkleber eigen ist, gründet sich ein schon seit langem bekannter praktischer Nachweis des Weizenmehles, wovon unten noch (S. 333) die Rede sein soll.

Im Basistheile der Frucht an ihrer Rückenseite liegt der Keim [1]).

[1]) Eine ausführliche Beschreibung des Gramineenkeimes hat August

Er besteht aus einer Radicula, die von einer besonderen Scheide, der Koleorhiza (Fig. 189, co; vergl. auch Fig. 29, ws auf S. 38), behüllt wird, aus einer Plumula, die ebenfalls von einem kappenförmigen Blatte, der Koleoptile oder Keimscheide (nach neuerer Auffassung dem Keimblatte oder Kotyledon) umgeben ist und endlich aus einem, Schildchen oder Scutellum genannten, früher allgemein als Kotyledon bezeichneten, seitlich anliegenden und an das Endosperm angrenzenden, ziemlich kräftigen Blatte (Fig. 189, sc), welches mit einer Palissadenzellreihe oder Saugepithel (Fig. 189, C) an das Endosperm sich anlagert, um damit die Nährstoffe aufzunehmen und zu resorbiren. Fast alle Zellen des Keimes sind sehr reich an fettem Oel. Im Mehle findet man Bruchstücke des Keimes, die durch die regelmässig angeordneten kubischen und zartwandigen Zellen vorzüglich gekennzeichnet sind.

Wir haben nun an diesem Beispiele gesehen, in welcher Weise eine Getreidefrucht, welche nicht beschalt, d. h. nicht von Spelzen eingehüllt ist, mikroskopisch beschrieben werden muss; die verschiedenen Hinweise auf die Roggenfrucht gaben uns Gelegenheit, die unterscheidenden Merkmale gebührend hervorzuheben. Wir wollen nun auch die praktische Nutzanwendung aus dieser Beschreibung ziehen und die Untersuchung des Weizenmehles, insoferne sie eine mikroskopische ist, nach ihren einzelnen Phasen vorzeichnen. Es sei hier ausdrücklich bemerkt, dass dieser Absatz eigentlich nur eine didaktische Bedeutung hat, indem der Schüler daraus die Methode der Mehluntersuchung (mit Ausschluss der rein chemischen Bestimmungen) lernen soll; er wird, wenn er dieses Specialgebiet in ausführlicher Weise zu bearbeiten gedenkt, auch die Specialwerke, insbesondere Vogl's ausgezeichnete Arbeit „Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genussmittel" und den höchst lehrreichen „Anatomischen Atlas" von Tschirch-Oesterle studiren müssen. Ueber die chemischen Verhältnisse geben „Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel" von J. König (Berlin 1893) die ausführlichsten Auskünfte.

Einige Anleitungen zur Untersuchung des Mehles (Weizenmehl) auf Identität und Reinheit.

Ein Weizenmehl soll, theoretisch betrachtet, als das Mahlproduct der Weizenfrucht, nur aus den Elementen bestehen, die die Frucht

Schlickum in seiner Marburger Dissertation 1895, „Morphologischer und anatomischer Vergleich der Kotyledonen und ersten Laubblätter der Keimpflanzen der Monokotylen", S. 56—74 geliefert.

zusammensetzen, also aus den Schalentheilchen, Kleie genannt, aus dem Mehlkerne und dem Keime. Da aber die Kleie ein mehr minder unverdauliches Material ist, der Keim wegen seines hohen Fettgehaltes das Mehl schmierig und weniger haltbar macht, so trachtet die moderne Müllerei, diese Bestandtheile möglichst sorgfältig zu entfernen und Mehlsorten herzustellen, die hauptsächlich nur die Bestandtheile des Mehlkernes enthalten. Dieser besitzt im gemahlenen Zustande eine weisse oder gelblichweisse Farbe und die Farbe ist daher für die Mehlsorte von grosser Wichtigkeit. Es ist somit klar, dass die feinsten und reinsten Mehle nur wenige Kleienbestandtheile enthalten können und hauptsächlich aus Stärke und Kleber bestehen müssen. Je nach dem Gehalt an Kleie, welcher wieder eine Folge der einzelnen Mahlphasen in der Müllerei ist, unterscheidet man verschiedene Mehlsorten — es ist hier nur vom Weizenmehl die Rede — die mit Nummern (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8½, 8¾, 9 oder 0—6) bezeichnet werden, wobei Nr. 0 die beste, reinste Sorte, Nr. 9 die gröbste, unreinste bedeutet.

In dem Mahlgute sind aber auch verschiedene Unkrautfrüchte und -Samen, sowie häufig Pilzformen und Pilzsporen enthalten, deren Menge nach der mehr oder weniger sorgfältigen Reinigung des Getreides eine verschiedene ist. Dieselbe nach ihrer Abstammung festzustellen ist Aufgabe des Mikroskopikers. Wir wollen nun den Gang der Untersuchung[1]) beschreiben.

1. Zuerst wird die Farbe geprüft. Man stellt die Farbe fest für das trockene Mehl bei lockerer und bei glattgedrückter Oberfläche, zuerst ohne und dann mit der Lupe. Die Farbe hängt ab von der Abstammung, von der Art und dem Grad der Zerkleinerung und Reinigung und von den fremden Beimengungen. Reinweiss, blendendweiss oder weiss mit gelblichem Schimmer, in den minderen Sorten gelblichweiss, graulichweiss, gelblich sind die wichtigsten Farbabstufungen, wie sie die Weizenmehlsorten zeigen. Man untersucht auf einer vollkommen schwarzen Unterlage. Schon aus dieser Prüfung lassen sich einige Schlüsse auf die Feinheit und

[1]) Vergl. A. v. Vogl im Codex alimentar. austriacus, Artikel Mehl. Zeitschr. f. Nahrungsmittel-Untersuchung, Hygiene und Waarenkunde 1897 und 1898. Idem, Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genussmittel, S. 11 ff. — Autor, Ueber die Untersuchung der Mehle. Oesterr. Chem.-Ztg. 1899, Nr. 4. Idem, Ueber unser Mehl und Brod, von botan. Gesichtspunkten aus betrachtet. Nach einem Vortrage, gehalten in der k. k. Gartenbaugesellschaft, Wiener Illustr. Gartenzeitung 1899, Nr. 4, S. 109—118.

Reinheit des Mehles ziehen. Hiebei wird man auf die Menge, Grösse und Vertheilung der im Mehl eingestreuten dunkleren Partikeln, welche die Gesammtfarbe beeinflussen, achten müssen, sie gehören theils den Kleiebestandtheilen, theils fremden Beimengungen und Verunreinigungen an. Je gröber das Mehl, desto stärker treten diese Partikel hervor. Häufchen von Brandsporen z. B. erscheinen als kohlschwarze Pünktchen. Gute Dienste leistet hier die Weinzierlsche Doppellupe.

Eine schärfere Feinheitsbestimmung lässt das Pekarisiren zu, womit man das Durchfeuchten einer Portion Mehl bezeichnet. Das Mehl wird auf eine Glasplatte gebracht, mit einer zweiten (oder einem Lineal) zu einem quadratischen oder rechteckigen Körper zugeschnitten, oben geglättet und in Wasser getaucht; gewöhnlich legt man oben eine Glasplatte auf das Mehl, was aber nicht unbedingt nothwendig ist. Die pekarisirten Mehle zeigen die Farbabstufungen viel schärfer und im trockenen Zustande noch recht weisse Mehle werden graugelb oder graubräunlich und zeigen somit ihre niedere Qualität an.

2. Nun wird die Griffigkeit (der Griff) und das Anfühlen erprobt. Darüber sagt A. v. Vogl: „Man greift mit voller Hand in das Mehl und drückt es mit der Faust zusammen; correctes Mehl lässt sich leicht zusammendrücken, ist locker, weich, ganz gleichmässig homogen, es darf keine festeren compacten, zusammengebackenen oder klumpigen Partien, kein Conglomerat enthalten und ein Gefühl von Kälte nicht wahrnehmen lassen.“ Wenn das Mehl nach dem Oeffnen der Faust geballt bleibt, so ist meistens der Wassergehalt höher als der normale, jedenfalls über 20 Procent.

Unter Griffigkeit[1]) im Allgemeinen versteht man die Feinheit des Mehles in Bezug auf die Mehlkorngrösse, d. h. also in Bezug auf die Grösse der einzelnen Körnchen, welche das Mehl zusammensetzen. Hiezu ist nun vor allem zu bemerken, dass von den ersten Nummern des Weizenmehles, also von Nr. 0 bis Nr. 4 zwei Hauptarten (in Oesterreich-Ungarn) hergestellt werden.

Die erste Hauptart heisst schlechtweg „fein“ oder „glatt“, also beispielsweise, wenn es mit der ihm zukommenden Nummer bezeichnet wird, „Mehl Nr. 1 fein“ (oder glatt).

Damit meint man ein feinstkörniges, zwischen den Fingern beim Reiben flaumig, schlüpfrig, ausserordentlich weich sich an-

[1]) Autor, Ueber die Griffigkeit der Mehle. Oesterr. Chem.-Ztg. 1900, Nr. 3.

fühlendes Mehl, welches in seinen sonstigen Eigenschaften (Feinheit, Farbe, Gehalt an Kleie und Asche) der Mehltype Nr. 1 etc. entspricht und sonach einen ganz bestimmten Charakter hat, den Jedermann sofort festzustellen in der Lage ist.

Ganz anders verhält sich die zweite Hauptart des Mehles, welche als „griffig" bezeichnet wird. Das griffige Mehl besteht aus gröberen, grösseren Mehlkörnern, fühlt sich zwischen den Fingern rauh, körnig, feingriesig an und zeigt, mit Wasser auf einer Glasplatte aufgeschwemmt, höchst scharf und deutlich die einzelnen Körnchen und somit die feingriesige Beschaffenheit. Man unterscheidet nach der Grösse dieser Körnchen griffiges oder einfach griffiges und doppelgriffiges Mehl, das letztere mit grösseren Körnchen als das erstere. Diese Mehlart ist nichtsdestoweniger von derselben Reinheit und Güte (von demselben Aschengehalt), wie das glatte oder feine Mehl, und wird daher mit denselben Nummern 0—4, aber mit dem Zusatze „griffig" oder „doppelgriffig" bezeichnet. Auch diese Eigenschaft kann der Laie sofort erkennen.

Ebenso leicht lässt sich die Griffigkeit mit der Lupe und mit dem Mikroskope feststellen. A. v. Vogl[1]), der darüber Ausführliches mittheilt, bemerkt bezüglich des Erkennens: „Unter der Lupe erscheint doppelgriffiges und griffiges Weizenmehl aus kleinen, unregelmässigen Mehlkörnchen zusammengesetzt, welche trocken leicht aus einander fallen, nicht zusammenhalten. Die glattgedrückte Oberfläche, besonders auffallend bei doppelgriffigem, weniger bei griffigem Mehle, ist uneben, wie fein-grubig-körnig, locker."

Mittelst des Mikroskopes bemerkt man, dass die glatten Mehle zum grössten Theile aus den einzelnen, häufig zerrissenen Zellen des Mehlkernes und aus den freien Inhaltskörpern derselben — im Wesentlichen Stärke — bestehen. Die griffigen Mehle hingegen bestehen hauptsächlich aus Zellcomplexen, deren Inhalt meist noch an Ort und Stelle sich befindet und sonach intact ist, die Zelllumina ausfüllt; an der Grösse dieser Zellcomplexe kann mikroskopisch (bei grösserer Uebung durch einfache Schätzung, genauer durch mikroskopische Messung zahlreicher Mehlkörner) griffiges und doppelgriffiges Mehl erkannt werden. Ob ein Mahlgut zu griffigem oder glattem Mehle werde, hängt von der Oberflächenbeschaffenheit der Walzen des Walzenstuhles ab, je nachdem dieselben geriffelt oder glatt sind.

Was nun die Verwendung des griffigen Mehles, das übrigens im

---

[1]) Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genussmittel, 1899, S. 13.

grossen Publikum weniger, den Bäckern aber sehr wohl bekannt ist, anlangt, so sind, wie schon angedeutet, Brot- und Zuckerbäcker die Hauptabnehmer desselben. Es hat sich nämlich in der Praxis die interessante Thatsache ergeben, dass die griffigen Mehle einen das Wasser williger aufnehmenden und leichter „aufgehbaren" Teig geben, der sich besonders leicht und locker verbacken lässt, während mit glatten Mehlen mitunter Misserfolge sich ergeben, deren Ursachen nicht näher bekannt sind. Sehr bezeichnend ist daher der mitunter gebräuchliche Ausdruck „geschliffene" Mehle für glatte. Bei solchen ist das Heissmahlen leichter möglich, was eine Zerquellung und Demolirung der Stärkekörner und häufig ein unregelmässiges Verhalten beim Backen veranlasst. Im grossen Publikum ist das griffige Mehl deshalb weniger beliebt, weil man glaubt, dass mit dem rauhen Anfühlen die hohe Reinheit und Güte des Mehles Nr. 0 etc. sich nicht vereinen lässt. Mir ist beispielsweise ein derartiges Mehl zur Untersuchung vorgelegt worden, von welchem der Fragesteller vermuthete, dass es sandig sei, „weil es sich so rauh anfühle". Es war aber ein vollständig tadelloses Mehl Nr. 1, griffig.

3. Für jedes Mehl ist eine Bestimmung des Aschengehaltes vorzunehmen. Dieselbe geschieht mit 10 g Mehl nach den bekannten Regeln. Da die mineralischen Bestandtheile zuletzt zu einem Glase zusammenschmelzen, so wird vorgeschlagen, um etwaige nicht veraschte Kohletheilchen zu beseitigen, das Mehl, sobald es zu einem compacten kohligen Klumpen zusammengesintert ist, in der Achatschale zu zerreiben und mit gewogenem ausgeglühtem Sand gemengt weissbrennen zu lassen. Es ist aber dieses Verfahren in den meisten Fällen nicht nöthig. Die Aschebestimmung setzt uns in den Stand, erstens die Mehltype zu erkennen und zweitens mineralische Beimengungen ausfindig zu machen. Letztere, auch als Sandgehalt bezeichnet, lassen sich, woferne dieselben überhaupt nennenswerth sind, auch von dem Laien durch ein sehr einfaches Mittel feststellen. Man braucht nur eine kleine Portion des Mehles zwischen den Zähnen zu zerbeissen und wird alsbald durch das knirschende Geräusch (und Gefühl) auf den Sandgehalt aufmerksam gemacht werden.

Von Vedrödi[1]) wurde die Beobachtung gemacht, dass der Aschengehalt eines Mehles in einem bestimmten Verhältniss zum

[1]) Untersuchung von Mehlsorten nebst einer neuen Methode zur Bestimmung der Feinheit der Mehle. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1893, Bd. 23, S. 691.

Feinheitsgrade der Mehlsorte steht. Diese Beobachtung ist seitdem — auch von dem Autor — in zahlreichen Fällen bestätigt worden. Wir haben somit ein vorzügliches Mittel in der Hand, die Mehltype (Weizenmehl) mit grösster Sicherheit zu bestimmen, ja selbst Mischungen verschiedener Typen, die ausserordentlich häufig sind, ausfindig zu machen, wenn wir die Prüfung auf Farbe und die Aschenbestimmung zusammenhalten.

Die von Vedrödi aufgestellte Tabelle lautet:

Mehltype	Nr.	0	besitzt	einen	Aschengehalt	von	0,20—0,34	Proc.
„	„	1	„	„	„	„	0,35—0,39	„
„	„	2	„	„	„	„	0,40—0,43	„
„	„	3	„	„	„	„	0,44—0,52	„
„	„	4	„	„	„	„	0,53—0,60	„
„	„	5	„	„	„	„	0,61—0,70	„
„	„	6	„	„	„	„	0,71—1,16	„
„	„	7	„	„	„	„	1,17—1,80	„
„	„	8	„	„	„	„	1,81—3,15	„

Der in Salzsäure unlösliche Theil der Asche wird bekanntlich als Sandgehalt bezeichnet.

4. Wir kommen nun zur wichtigsten Untersuchungsarbeit, zur Mikroskopie des Mehles, die ja vor allem berufen ist, über die Identität und Reinheit des Mehles besten Aufschluss zu geben. Es ist ganz zweckmässig, vorher die bekannte einfache Probe auf die Cohärenz des Klebers (s. S. 327), den sog. Bamihl'schen Versuch[1]) zu machen, indem man eine kleine Portion des Mehles in Wasser auf dem Objectträger mit dem Deckgläschen hin und her wälzt. Weizenmehl zeigt sofort die Kleberspindeln (noch bei 10 Procent im Roggenmehl); Roggenmehl niemals; auch beim Maismehl kann man solche, allerdings nur sehr kleine Spindelchen beobachten. Die Bäcker

[1]) Die Geschichte dieser so einfachen Probe verdient, hier erwähnt zu werden, weil sie zeigt, wie vorsichtig man mit „neuen" Entdeckungen sein muss. Im Jahre 1882 veröffentlichte (der seither verstorbene) Professor Tomaschek in Brünn dieses Verfahren, worüber in verschiedenen Zeitschriften (z. B. Zeitschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver. 1882, Nr. 24) referirt worden ist; dann wurde es im Jahre 1892 von Kleeberg als ein neues Verfahren wieder entdeckt (Chem. Ztg. 1892, S. 1036). In einer Mittheilung an die Chem. Ztg. (1892, S. 1185) wies der Autor auf Tomaschek als den Entdecker dieser Probe hin, wurde aber von Th. Kyll (Chem. Ztg. 1892, S. 1257) belehrt, dass der Steuerrath Bamihl schon im Jahre 1852 (Poggendorff's Annal. 1852, S. 161) dasselbe entdeckt und bei den preussischen Zollämtern eingeführt hatte, wo es seitdem bis in die neueste Zeit in Uebung war.

machen die Probe seit alter Zeit durch Reiben eines Mehlhäufchens auf der Zunge.

Ferner ist auch die sog. Chloroformprobe in vielen Fällen sehr geeignet, uns rasch darüber zu informiren, ob ein vorliegendes Mehl Roggenmehl ist oder wenigstens solches enthält. Es genügt, etwa 10 g Mehl in eine Eprouvette zu geben und so viel Chloroform darauf zu giessen, dass es die doppelte Mehlhöhe beträgt. Nach einigen Stunden wird der weitaus grösste Theil des Mehles als ein compacter Körper schwimmen und unter demselben das Chloroform mit meist etwas gelblicher Farbe sichtbar sein; am Boden der Eprouvette befindet sich ein Satz, der aus mineralischen Beimengungen und aus einzelnen Gewebeelementen, vornehmlich aus Partikeln der Aleuronschichte mit den Aleuronkörnern besteht. Aus den ersteren kann man auf eine Zugabe oder Verunreinigung von Sand etc. schliessen, wenn die Quantität auffallend gross ist. Aus der Farbe der letzteren lässt sich erkennen, ob Roggenmehl vorhanden ist. Die Aleuronkörner des Roggens haben eine bläuliche, blaue oder blaugrüne Färbung und der Bodensatz des Roggenmehles ist auffallend blau oder blaugrün, der des Weizenmehles dagegen gelblich oder graubräunlich. Fr. Benecke [1]) hat diese Untersuchungsmethode systematisch ausgebildet und nimmt auch an, dass die Feinheit des Mehles sich nach der Anzahl der Aleuronzellen bestimmen lässt, da die Hauptmasse des Bodensatzes von den Aleuronzellen gebildet werde.

Die mikroskopische Untersuchung beginnt mit einer sehr eingehenden Inspection der Stärkekörner. Im Allgemeinen ist das Nöthige darüber schon im Capitel Stärke gesagt worden (vergl. insbesondere S. 30 u. 34). Die Unterscheidung zwischen Weizen- und Roggenstärke (in Gemischen) ist wohl nur problematisch — wenn man von den Verkleisterungstemperaturen absieht. Dagegen ist es sehr leicht, beigemengtes Maismehl an den charakteristischen, polyedrischen, meist noch in grösseren und kleineren Complexen zusammenhängenden Stärkekörnern zu erkennen. In vielen Mehlen fallen vereinzelt, seltener häufiger vorkommende Stärkekörper auf, welche aus winzigen Körnchen zusammengesetzt sind und eine keulen-, spindel-, wurst- oder flaschenförmige Gestalt haben. Sie entstammen den

[1]) Landwirthsch. Versuchsstationen 1889, XXXVI, S. 337. — Autor kann die Ergebnisse der Beneckeschen Untersuchungen durchwegs bestätigen und hält auch dessen Methode zum Nachweis von Roggenmehl im Weizenmehl als eine sehr rationelle; sie erfordert aber doch einige Erfahrung und einen beträchtlichen Zeitaufwand.

Samen der Kornrade (Agrostemma Githago L.) und stellen die Inhaltskörper des Endosperms dar. Es erscheint nun auffallend, wie hier gleich bemerkt werden soll, dass man von der Samenschale dieser Verunreinigung in dem Mehle, in welchem die Stärkekörner vorkommen, nichts oder nur sehr selten ein Partikel wahrnimmt. Dies hängt mit dem gegenwärtig üblichen Mahlverfahren zusammen, nach welchem die „mehligen" Bestandtheile in den feinen Mehlen, die hautartigen und härteren dagegen in den letzten Ausmahlungen sich anhäufen; die Schalentheile findet man daher reichlich in den letzten Mehlnummern.

Die im Mehle vorkommenden Gewebepartikel müssen nun in geeigneter Weise isolirt werden. Zunächt sucht man aus der geglätteten Oberfläche eines Mehlhaufens mit Hilfe der Lupe alle bräunlichen und dunklen Körper heraus; gehören sie der Kleie an, so sind sie an ihrem histologischen Baue leicht zu erkennen; man findet hauptsächlich Haare, Mittelschicht- und Querzellen, in grösseren und kleineren Flecken die Samenhaut und die Aleuronschicht. Um nun grössere Mengen der Gewebepartikel auf einmal mikroskopiren zu können, empfiehlt es sich, dieselben mittelst der Schimper'schen Schaumprobe oder mittelst der Auskochung des Mehles zu sammeln. Erstere besteht darin, dass man eine Portion Mehl mit viel Wasser kocht und hiebei umrührt; auf der Oberfläche bildet sich ein Schaum, in welchem sich verschiedene Gewebetheile, hauptsächlich die Haare, ansammeln. Die Auskochung besteht in der bekannten Verzuckerungsmethode, indem man zuerst mit verdünnter Salzsäure und dann mit verdünnter Natronlauge kocht. (Vergl. darüber J. König l. c.) — Von A. Vogl wird auch die Anwendung der alkoholischen Naphtylenblaulösung (0,1 Naphtylenblau : 100 Alkohol absolutus + 400,0 Aqu. destill.) empfohlen: „In einem Glasschälchen wird eine kleine Probe Mehl (circa 2 g) mit alkoholischer Naphtylenblaulösung mit Hilfe eines Glasstabes innig gemischt und nach einigem Stehen mit diesem oder noch besser mit einem Haarpinsel möglichst gleichmässig auf einen Objectträger aufgestrichen, eintrocknen gelassen und sodann unter einem Tropfen Sassafrasöl (oder eines anderen analogen ätherischen Oeles, oder von Kreosot, Guajakol etc.) mikroskopirt. Sollte sich im Präparate Luft angesammelt haben, so genügt zu ihrer Beseitigung ein leichtes Erwärmen des Objectträgers. Man übersieht dann mit grösster Deutlichkeit alle, auch die kleinsten im Mehle befindlichen Gewebsfragmente der Fruchthaut etc. und eventuell der Spelzen. Naphtylenblau färbt nämlich die Zellmembran der Ober-

haut, der Mittelschicht, der Querzellen, der Haare, der Spelzen schön blau oder blauviolett, ebenso den Inhalt der Aleuron- und Keimzellen, die Zellwand der ersteren blassblau, während die Membran der Stärkezellen und die Stärkekörner selbst ungefärbt bleiben und durch das ätherische Oel, Kreosot, Guajakol etc. so durchsichtig erscheinen, dass nur die gefärbten Partikelchen deutlich hervortreten" [1]).

Was nun die mehr oder weniger reichlichen Verunreinigungen des Mehles durch Unkrautsamen und -Früchte betrifft, sowie durch Pilzformen und Sporen, so ist zu bemerken, dass das Studium derselben nach einem Specialwerke der Nahrungsmittelmikroskopie gepflogen werden muss. In unserem Lehrbuche kann hier nur darauf verwiesen werden. Man findet hauptsächlich die Partikel der Früchte von Polygonum convolvulus L., der Radesamen (Agrostemma Githago L.), verschiedener Papilionaceensamen, die insgesamt als Wicken bezeichnet werden, ferner: Labkrautfrüchte (Galium), Wachtelweizen (Melampyrum arvense L.), Alectorolophus hirsutus Allion, Atriplex, Taumellolch (in welchem ein von A. v. Vogl entdeckter Pilz zwischen dem nur stellenweis deutlichen Nucellarreste und der Aleuronschicht fast constant vorkommt), endlich Brandpilzsporen und Mutterkorn (letzteres hauptsächlich im Roggenmehl). Als Vorprobe für einige dieser Verunreinigungen dient die ebenfalls von A. v. Vogl herrührende Salzsäure-Weingeistprobe [2]): „Eine Probe des zu untersuchenden Mehles von 2 g wird in einer Eprouvette mit ca. 10 ccm 5 Procent Salzsäure enthaltendem 70procentigem Weingeist kräftig durchgeschüttelt, eventuell auch erwärmt, dann absetzen gelassen und im reflectirten Lichte die Färbung beobachtet, welche das abgesetzte Mehl und die überstehende Flüssigkeit namentlich an ihrem freien Saume zeigt." Reine Weizenmehle bleiben weiss und die Flüssigkeit farblos. Mutterkorn im Mehle ruft in der Flüssigkeit und im Mehle eine röthliche „Fleischwasserfarbe" mit blutrothem Saume hervor, Wachtelweizen und Klappertopf färben blaugrün, Wicken rosenroth bis hellviolett.

Wir wollen nun im Anschluss an die Weizenfrucht eine beschalte Getreidefrucht besprechen, um auch die Structur der Spelzen, die in zerkleinertem Zustande in vielen Futtermitteln und technisch verwendeten Rohstoffen vorkommen, kennen zu lernen.

---

[1]) A. Vogl, Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genussmittel, S. 17.

[2]) A. Vogl, Die gegenwärtig am häufigsten vorkommenden Verfälschungen etc. der Mehle, Wien 1880.

Die Gerstenfrucht (nebst Bemerkungen über die Reis- und Hirsespelze).

Die Früchte der gemeinen oder vierzeiligen Gerste (Hordeum sativum vulgare = H. vulgare L. = H. tetrastichum Kcke) und der zweizeiligen oder Malzgerste (Hordeum sativum distichon = H. distichum L.) werden am häufigsten verwendet; die der erstgenannten Art dienen zur Erzeugung von Graupen (gerollte Gerste), von Mehl, als Futtermittel u. s. w.; Malz wird nur aus den Früchten der zweizeiligen Gerste bereitet. Für den technischen Mikroskopiker ist hauptsächlich die Kenntniss des anatomischen Baues im Allgemeinen und insbesondere der Spelzen aus den oben angegebenen Gründen wichtig.

Die Gerstenfrüchte sind zumeist beschalt, d. h. von den beiden Hüllblättern, der Deck- und der Vorspelze (Palea inferior und superior) so fest eingeschlossen, dass man sie mit den Spelzen verwachsen halten könnte. Dies ist aber nicht der Fall, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Früchte in Wasser einlegt. Nach mehrstündiger Einwirkung des Wassers lassen sich die beiden Spelzen leicht abziehen. Die „beschalte" Frucht ist gegen 1 cm lang, spindelig länglich, nach beiden Enden sich verjüngend, an der weitesten Stelle (in der Mitte oder wenig unter der Mitte) 3—4 mm breit, auf der Rückseite fast flach, mit einer Mittel- und zwei Seitenrippen versehen und runzelig; auf der gewölbten Bauchseite befindet sich eine Längsrinne; am Rande bemerkt man die über die Vorspelze geschlagenen Ränder der Deckspelze; die von den Spelzen befreite Frucht ist am Grunde spitz oder stumpf und besitzt eine streifig-runzelige Oberfläche.

Ausser den bespelzten gibt es auch nackte Gersten, deren Früchte beim Dreschen aus den Spelzen herausfallen.

Der anatomische Bau der beiden Spelzen ist im Wesentlichen der gleiche; die Vorspelze ist etwas dünner. Wir finden je eine Oberhaut an der Aussen- und Innenseite, unter jener der Aussenseite eine Faserplatte und zwischen dieser und der Oberhaut der Innenseite ein Schwammparenchym.

Das am meisten charakteristische Gewebe ist die Epidermis der Aussenseite (Fig. 190, 1). Diese setzt sich aus sog. Lang- und Kurzzellen (ep, k) zusammen; die Langzellen sind im Querschnitt rechteckige, auf der Aussenseite stark verdickte, von der

Fläche gesehen langgestreckte, schmale, mit buchtig-welligen (undulirten) Seitenwänden versehene Elemente, die reichlich getüpfelt sind und wie auch die übrigen Zellen Kieseleinlagerungen führen; verascht man ein Stück der Oberhaut, so bleiben die undulirten Zellwände sehr deutlich erhalten. Zwischen den Langzellen an ihren Schmalseiten eingeschaltet befinden sich die Kurzzellen, die ent-

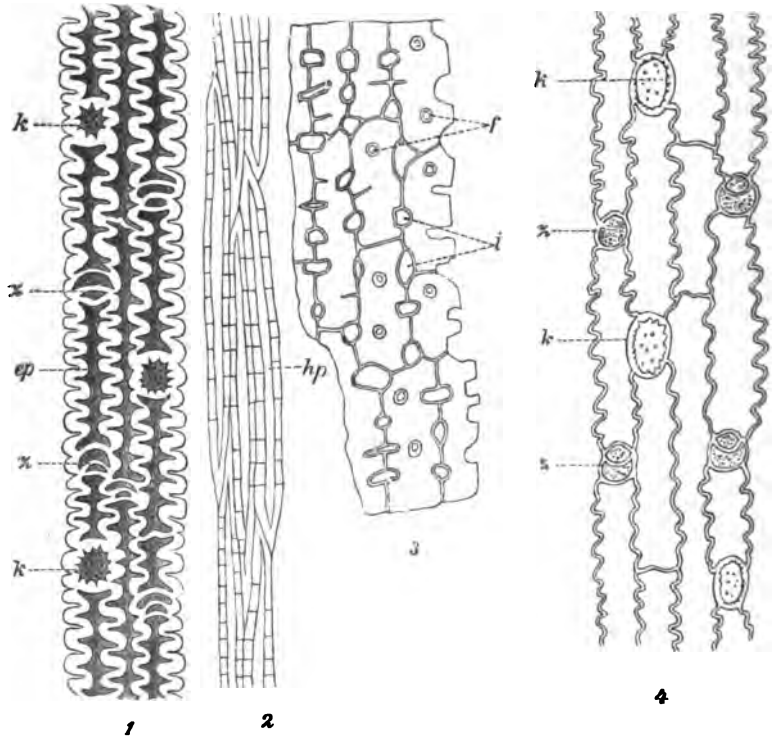


Fig. 190. Gewebe der Gerstenpelze, von der Fläche gesehen. 1. Epidermis der Aussenseite; ep Langzellen, k Kurzzellen (Kieselzellen), z Zwillingszellen. — 2. Hypoderm; hp Faserzellen. — 3. Schwammparenchym; i Intercellularen, f die Membranfalten von oben gesehen. — 4. Epidermis der Innenseite; Bezeichnung wie bei 1.

weder einfach, d. h. in der Einzahl auftreten, ein rundliches Lumen besitzen (sog. Kieselzellen), und nicht selten in ein sehr kurz- und stumpfkegeliges, sehr stark sklerosirtes Trichom auslaufen, oder in der Zweizahl entwickelt sind (Fig. 190, z), indem die eine grössere, meist halbmondförmig gekrümmte Zelle eine kleinere, enge angeschmiegte umfasst. Die beiden, als Zwillinge aufzufassenden Zellen machen den Eindruck, als ob sie verkümmerte Spaltöffnungsorgane

wären; nach A. v. Vogl kommt auch hie und da nur eine Halbmondzelle zur Entwicklung. Gegen die Spelzenränder werden die Zellen dünner und zarter und die Undulirung schwächer.

Durch Kochen in Kalilauge isolirte Epidermiszellen zeigen die Längsseiten mit zapfenartigen Hervorragungen versehen, welche in entsprechende Vertiefungen der Nachbarzellen sich einkeilen und den Wellenbergen der Undulirung entsprechen. Wir haben diese Zellformen schon am Strohstoffe (v. S. 105, Fig. 78, e) kennen gelernt, sie sind nebst den Gefässringen charakteristische Leitelemente der Gräser.

Die unter der Oberhaut liegende Gewebeschicht, ein Hypoderm, enthält nur mechanische Zellen, welche einen bastzellartigen Charakter besitzen, getüpfelt und stark verdickt sind (Fig. 190, 2). An sie grenzt ein Schwammgewebe, dessen Zellen meist kleine Intercellularen einschliessen, und eigenthümliche Membranfalten besitzen (Fig. 190, 3). Den Abschluss bildet die Oberhaut der Innenseite mit dünnwandigen Lang- und Kurzzellen, von welchen letztere nicht selten in kurze, spitze Haare sich ausstrecken; auch sind schmale, mit zwei Nebenzellen versehene Spaltöffnungen vorhanden (Fig. 190, 4).

Der hier mitgetheilte Bau der Spelze ist im Allgemeinen auch bei den Spelzen der übrigen Cerealienfrüchte derselbe; Verschiedenheiten zeigen sich in der Ausbildung der Undulirung der Langzellen, in der Grösse, Anzahl und Vertheilung der Trichome, sowie in der Entwicklung des Schwammgewebes.

Wir wollen als Vergleichsmateriale die Reis- und die Hirsespelze ins Auge fassen, wobei wir nur auf die Epidermis der Aussenseite Bezug nehmen.

Die Oberhaut der Reisspelze besteht aus Lang- und Trichomzellen. Die Langzellen sind durch eine ausserordentlich starke, geradezu excessive Undulirung oder Wellenfaltung ausgezeichnet, so dass die sehr hohen und schmalen Wellenberge der das Lumen einer Zelle begrenzenden Seitenwände fast an einander stossen (Fig. 191, 1). Zugleich sind die Zellen auch in radialer Richtung — senkrecht zur Spelzenoberfläche — wellenförmig verbogen. Es ist begreiflich, dass die Querschnitte, je nach dem man sie in der Höhe der Wellenberge oder der -Thäler darstellt, verschiedene Bilder zeigen müssen. Die verkleinerten Reisspelzen, ein bekanntes Fälschungsmittel gepulverter Gewürze und Futtermittel, lassen sich an den Epidermiszellen auf das bestimmteste erkennen.

Die Spelzen der Hirsefrüchte[1]) (von Panicum miliaceum L., Rispenhirse und Setaria panis Jessen, Kolbenhirse, Borstenhirse, Mohar) besitzen eine Epidermis (der Aussenseite), die jener der Gerstenspelze sehr ähnlich sieht (Fig. 191, 2). Doch ist als Unterscheidungsmerkmal das Fehlen der rundlichen Kieselzellen und der eigentlichen Zwillingszellen anzugeben; die Längswände der Epidermiszellen sind sehr gleichmässig wellig gewunden und zeigen eine sehr egale Ausbildung. Isolirt lassen sie die spitzen oder stumpfen und gelappten zahnartigen Vorsprünge wahrnehmen; die unmittelbar darunter liegenden Hypodermfasern besitzen ebenfalls sägezahnartige Vorsprünge,

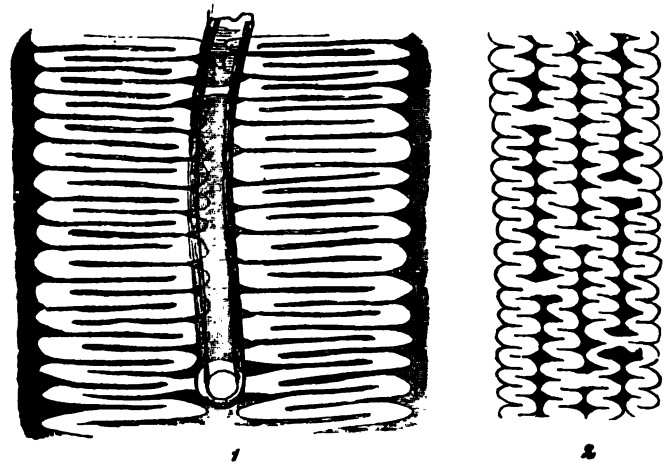


Fig. 191. Epidermis der Aussenseite: 1. Von der Reisspelze. 2. Von der Hirsespelze. Flächenansicht. Vergrösserung 400.

welche nach v. Höhnel[2]) derart zur Verknüpfung der Epidermis mit dem Hypoderm dienen, dass die Sägezähne der Sklerenchymfasern in lochartige Vertiefungen der Epidermisunterseite hineinragen. Die Hirsespelzen sind im verkleinerten Zustande das Material der sog. Pfeffermatta, eines seit langem verwendeten Fälschungsmittels des gepulverten Pfeffers.

---

[1]) Autor, Ueber die Matta. Heger's Zeitschr. f. Nahrungsmitteluntersuch. und Hygiene 1887, I, S. 24—25 und 41—46.

[2]) Ueber eine eigenthümliche Verbindung des Hypoderma mit der Epidermis. Haberlandt's Wissensch.-prakt. Untersuch. auf d. Geb. des Pflanzenbaues, I, S. 149 ff. und Vergleichende Untersuchung der Epidermis der Gramineenspelzen und der Beziehung zum Hypoderma, a. a. O. S. 162—170.

Wir kehren nun wieder zur Gerstenfrucht zurück. Nachdem wir den Bau der einschliessenden Spelzen kennen gelernt, obliegt uns das Studium der Gewebe der Frucht[1]) selbst. Den typischen Bau der Fruchtsamenschale und des Samenkernes haben wir an der Weizenfrucht kennen gelernt. Da aber diese letztere der schützenden Spelzen nach der Reife entbehrt, so übernimmt die Fruchtsamenschale die Aufgabe, den Kern ordentlich einzuhüllen. Dies ist bei der Gerste in diesem Grade nicht nothwendig; daher ist die Fruchthülle stark reducirt. Um dieselbe wahrzunehmen, wird die Gerstenfrucht in Wasser eingeweicht und darauf sorgfältig von den Spelzen befreit.

Die nunmehr freigelegte Frucht zeigt ein gelbröthlich dünnes Häutchen, an dem sich eine Oberhaut, eine ganz undeutliche Mittelschicht, eine Querzellenschicht und die Samenschale unterscheiden lassen; wir finden danach dieselben Gewebe wieder, die wir an der Weizenfrucht kennen gelernt haben. Die Oberhaut besitzt (von der Fläche gesehen) ziemlich unregelmässig polygonale oder abgerundet polygonale Zellen mit Haaren und Spaltöffnungen. An den dünnwandigen Haaren fallen uns die sehr breiten, mitunter getüpfelten Basistheile auf; die Enden sind meist lang zugespitzt. Die Mittelschicht wird aus zusammengedrückten sehr undeutlichen Zellen gebildet, die Querzellenschicht dagegen zeigt sehr deutliche dünnwandige Zellen, die ziemlich reichliche und verschieden grosse Intercellularen einschliessen, so dass einzelne Partien der oft zwei- und selbst dreireihigen Querzellenschicht den Charakter eines Schwammgewebes zeigen; einzelne Zellzüge sind von kurzen in der Fläche quadratischen Zellen gebildet; unter den Querzellen befinden sich hie und da dünnwandige Schlauchzellen.

Die Samenhaut bildet im Querschnitt einen braunen Streifen, der aus einer Reihe auf der Innenseite verdickter Zellen zusammengesetzt erscheint. Erst bei sehr sorgfältiger Beobachtung gewahrt man noch eine zweite Zellreihe. Nun folgt die sog. hyaline Schicht, der Nucellarrest und die meist dreireihige Aleuronschicht, welche ein Leitelement der Gerstenfrucht darstellt, da Weizen und Roggen bekanntlich nur eine Reihe von Aleuronzellen besitzen.

Auch die Mehlkernzellen unterscheiden sich von denen der

---

[1]) Vergl. insbesondere Vogl, Die wicht. Nahrungs- und Genussmittel, S. 92 ff.

genannten Früchte durch Quellbarkeit ihrer Wände in Wasser, daher sie auch im Gerstenmehle in Bruchstücken gut wahrgenommen werden können. Die Gerstenstärkekörner sind schon auf S. 35 beschrieben worden.

Wir sind nun in den Stand gesetzt, die Elemente der Gerstenfrucht und ihre Handelsproducte mikroskopisch zu erkennen.

Mitunter wird die Frage gestellt, ob ein sog. Gerstenkaffee aus braungerösteter Gerste oder aus ebensolchem Gerstenmalz erzeugt ist.

Trotzdem die Gewebe durch die Röstung oft so angegriffen sind, dass ihre Bestimmung kaum mehr möglich ist, so lässt sich diese Frage in der Regel leicht beantworten [1]).

Unter Malz versteht man bekanntlich gekeimtes Getreide, an welchem in einem bestimmten Zeitpunkte die Keimung unterbrochen und unterdrückt worden ist. Durchschneidet man das Gerstenkorn der Länge nach, so findet man unten an der Basis den Keim, in dem übrigen Theil den Mehlkern. Hat aber das Korn gekeimt, d. h., hat der Keim an der Basis sein Würzelchen gestreckt und aus der Frucht herausgetrieben, auf der entgegengesetzten Seite das Knöspchen nach aufwärts vergrössert, so sind die neu entstandenen Gewebe wegen der Zartheit ihrer Zellwände und wegen ihres Wasserreichthums der Zerstörung viel leichter zugänglich, als der unveränderte Keim. Zugleich ist ein Theil des Mehlkerninhaltes zu dem Aufbau der neuen Gewebe verwendet, daher auch der Mehlkern eines Theiles seines Inhaltes beraubt worden. Wird nun das gekeimte Korn tiefbraun geröstet, wie dies bei der Erzeugung des Kaffeesurrogates der Fall ist, so wird der noch in der Frucht steckende sehr zarte Theil des Keimes fast gänzlich zerstört, verkohlt und dort, wo der Keim liegen sollte, befindet sich eine Höhle, die sich nach aufwärts in den Rücken der Frucht fortsetzt, in dem daselbst auch der Mehlkern etwas eingesunken ist. Schneidet man nun ein Malzkaffeekorn auf, so findet man am Rücken eine relativ recht umfangreiche Höhle, die im Gerstenkaffeekorn niemals zu finden ist. Dazu kommt noch als weiterer Beweis das Vorhandensein von Würzelchenresten in der Waare, da die Würzelchen auch durch sehr vorsichtiges Sieben niemals vollständig aus der Waare entfernt werden können.

---

[1]) Autor, Botanisches und Praktisches über Kaffee und seine Surrogate. Wiener Illustr. Gartenztg. 1900, XXIV, S. 88.

Die qualitative und quantitative mechanisch-mikroskopische Analyse von v. Weinzierl.

Hier bietet sich uns nun die Gelegenheit, eine physikalische Untersuchungsmethode kennen zu lernen, die von Th. v. Weinzierl[1]) herrührt und von ihm „die qualitative und quantitative mechanisch-mikroskopische Analyse" genannt worden ist. Sie dient zunächst hauptsächlich zur Ermittelung des Mehl- und Spelzengehaltes eines Kraftfuttermittels (insbesondere Gerstenschrot und Hirsekleie); da sie aber auch auf Oelkuchen sich vortheilhaft anwenden lässt, so soll diese Methode in ihren Grundzügen hier mitgetheilt werden.

Die mit etwa 100 g der gut durchgemischten Probe durchzuführende Untersuchung zerfällt in vier Operationen.

1. Die mechanische Trennung[2]) der Bestandtheile nach deren Grösse durch Siebe (Nobbe'sche Samensiebe) von verschiedener Lochweite, und zwar 1,5 mm, bezw. 1 mm, 0,5 mm und 0,25 mm, indem die Probe in einzelnen Portionen mittelst eines breiten kurzen Borstenpinsels sorgfältig durchgebürstet wird. Die Procedur gewährt zwei Vortheile; erstens gibt das vierte der auf diese Weise gewonnenen vier Producte den Mehlgehalt, bezw. Feinheitsgrad der Probe direct an und zweitens wird dadurch die weitere qualitative und quantitative Untersuchung wesentlich erleichtert.

2. Die Bestimmung der Echtheit der Ware und der fremden Bestandtheile. Es ist zweckmässig, diese Untersuchung erst nach Beendigung der Siebarbeit vorzunehmen, weil oft einzelne fremde Bestandtheile schon mit freiem Auge im 1. oder 2. Product sich erkennen lassen; für die Untersuchung des 3. Productes eignet sich am besten die von v. Weinzierl erfundene, für derartige Zwecke sehr verwendbare Stativlupe[3]). Wo es auf anatomische Merkmale ankommt, wie speciell bei der Echtheitbestimmung, von Kleien verschiedener Mehle u. dergl., muss natürlicherweise mikroskopisch untersucht werden.

---

[1]) Die qualitative und quantitative mechanisch-mikroskopische Analyse. Heger's Zeitschr. f. Nahrungsmitteluntersuch. und Hygiene (Wien) 1887, I, S. 117—126.

[2]) Grösstentheils wörtlich nach v. Weinzierl.

[3]) v. Weinzierl, Eine neue Loupe für Samenuntersuchungen. Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie 1887, IV, 1. Heft. (S. auch S. 330.)

3. Die mechanische Trennung der Bestandtheile nach dem Gewichte und hiedurch die quantitative Bestimmung des Spelzen-, Spreu- und Mehlkörpergehaltes (vornehmlich bei Gerstenschrot, Reiskleie und verschiedenen Futtermehlen) und im Falle einer Verfälschung auch des Hirsespelzengehaltes.

Von den Producten 1 bis incl. 3 wird ein Quantum von ca. 1 g auf einer aus glattem, gespanntem, schwarzem Papier hergestellten schiefen Ebene mit verstellbarem Neigungswinkel in schüttelnde Bewegung versetzt, so dass die schweren Mehlkörperstücke abrollen, während die specifisch leichteren Spelzen- und Spreustücke zurückbleiben und mit einem Haarpinsel abgestreift werden können.

Die grösseren Spelzenfragmente fallen mit den Endospermfragmenten ab und müssen so wie die in der Spreu zurückbleibenden mit der Pincette herausgenommen bezw. sortirt werden; bei dem Producte 1 und 2 gelingt dies noch ganz gut makroskopisch — bei dem Producte 3 jedoch unter der Benützung der früher genannten Lupe.

Die einzelnen so erhaltenen Theilproducte werden gewogen und procentisch berechnet.

Die nun folgende vierte Operation bezieht sich speciell auf das Hirsemehl und der Hirsespelzen, lässt sich aber mutatis mutandis auch auf andere Objecte ausdehnen.

4. Die optische Trennung des Hirsemehles und der ganz kleinen Hirsenspelzenfragmente.

a) Trennung und quantitative Bestimmung des Hirsemehles. Bei einiger Uebung gelingt es, mikroskopische Präparate des 4. Productes (Mehl), welches mechanisch nicht mehr in seine Bestandtheile zerlegt werden kann, so herzustellen, dass das Gesichtsfeld mit Mehlbestandtheilen gleichmässig dicht erfüllt ist.

Das mikroskopische Bild wird nun vermittelst eines Zeichenprismas auf einer Zeichenfläche projicirt und die Contouren der Hirsestärke herausgezeichnet. Um verlässliche übereinstimmende Resultate zu erhalten, ist es nothwendig, mindestens 5—10 Präparate und von jedem ca. drei Gesichtsfelder in der geschilderten Weise zu untersuchen.

Nachdem nun die Fläche der Gesichtsfelder bei einer bestimmten Vergrösserung ein- für allemal vorher ermittelt wurde, so hat man nur die Fläche der Hirsestärke zu bestimmen; hiezu verwendet man das Amsler'sche Polarplanimeter, ein von Ingenieuren

zur Flächenbestimmung krummliniger Figuren allgemein verwendetes und sehr verlässlich arbeitendes Instrument.

Aus den in den einzelnen Versuchen gefundenen Zahlen wird das arithmetische Mittel genommen (Extreme werden nicht berücksichtigt) und der Flächenantheil der Hirsestärke an dem ganzen Gesichtsfelde im Mittel berechnet. Den gesuchten percentischen Hirsemehlgehalt erhält man bei Vernachlässigung des specifischen Gewichtes und der Dicke der einzelnen Mehlbestandtheile einfach durch Division des Percentgehaltes des vierten Productes (Mehl) durch die gefundene Verhältnisszahl.

b) Trennung und quantitative Bestimmung der im Mehle (viertes Product) enthaltenen Hirsespelzenfragmente.

In gleicher Weise wie bei der Hirsestärke wird auch die optische Trennung der im vierten Producte enthaltenen sehr kleinen Hirsespelzenfragmente vorgenommen und ebenso deren Fläche mit dem Polarplanimeter bestimmt.

Nachdem durch die Vernachlässigung der specifischen Gewichte der einzelnen Mehlbestandtheile des vierten Productes unter Umständen eine nicht unbeträchtliche Fehlerquelle entstünde, da die Hirsespelzen specifisch leichter als die übrigen Mehlbestandtheile sind, so wurden bei der Bestimmung des Gewichtsprocentes der ersteren auch die specifischen Gewichte in Rechnung gezogen. Aus der bekannten Relation zwischen dem specifischen und absoluten Gewichte und dem Volumen eines Körpers lässt sich folgende Formel aufstellen:

$$G_h = G_4 \cdot \frac{F_h}{F_k} \cdot \frac{S_h}{S_4}$$

wobei G_h das gesuchte Gewichtsprocent der Hirsespelzen im vierten Producte, G_4 das Gewichtsprocent des vierten Productes, F_h die Fläche der Hirsespelzen, F_k die Fläche des Gesichtsfeldes, S_h das specifische Gewicht der Hirsespelzen, S_4 das specifische Gewicht des vierten Productes bedeuten.

Das specifische Gewicht der Hirsespelzen beträgt 1,224, das des vierten Productes muss von Fall zu Fall ermittelt werden.

Aus den der v. Weinzierl'schen Abhandlung beigefügten Originalanalysen wollen wir hier einige mittheilen, welche besonders geeignet erscheinen, die vorzügliche Brauchbarkeit dieser Methode zu kennzeichnen.

Gerstenschrot Nr. 1 (echt).					Gerstenschrot Nr. 2 (Graupenabfall).				
			Gewichtsprocent	Specification der Bestandtheile				Gewichtsprocent	Specification der Bestandtheile
Bestandtheile im Durchmesser	grösser als	1,5 mm	0,05	0,05 % Gerstenspelzen	Bestandtheile im Durchmesser	grösser als	1,5 mm	31,2	14,0 % Spelzen 17,2 „ Endosperm u. Rollgerstefragmente
		0,5 mm	18,0	4,3 % Spelzen u. Spreu 4,5 „ Endosperm 9,2 „ Embryonen			0,5 mm	41,1	6,0 % Spelzen u. 35,1 „ Endosperm von Gerste.
		0,25 mm	15,2	1,7 % Spelzen u. Spreu 6,9 „ Endosperm 6,6 „ Embryonen			0,25 mm	12,5	4,0 % Spelzen u. 8,5 „ Endosperm von Gerste
	kleiner als	0,25 mm	66,75	Gerstenmehl		kleiner als	0,25 mm	15,2	Gerstenmehl
			100,00					100,00	

Endresultat: Spelzen . . 6,05 %
Endosperm . 11,4 „
Embryonen . 15,8 „
Mehl . . . 66,75 „

Endresultat: Spelzen . . 24,0 %
Endosperm . 60,8 „
Mehl . . . 15,2 „

Diese beiden Beispiele zeigen einen auffallenden Qualitätsunterschied, aus dem sich ergibt, dass es nicht gerechtfertigt ist, Rollgerstenabfall (Graupenabfall) unter dem falschen Titel „Gerstenschrot“ in den Handel zu bringen; denn der Abfall hat einen weit höheren Spelzengehalt, als das echte Gerstenschrot, während sich die Mehlmenge umgekehrt verhält.

Das folgende Beispiel lässt uns die Genauigkeit, bezw. Empfindlichkeit dieser Methode beim Nachweise einer Beimischung erkennen. Ein mit 10 Proc. Hirsekleie versetztes Gerstenschrot ergab im Versuche 8 Procent der ersteren, so dass der Fehler gegen 2 Procent betrug.

Gerstenschrot mit 10% Hirsekleiezusatz.

Bestandtheile im Durchmesser			Gewichtsprocent	Specification der Bestandtheile.
grösser als	1,5 mm		0,15	0,13 % Gerstenspelzen 0,02 „ Hirsespelzen
grösser als	0,5 mm		17,78	5,70 % Gerstenspelzen 11,0 „ „ endosperm 1,08 „ Hirsespelzen
grösser als	0,25 mm		30,75	3,55 % Gerstenspelzen 20,20 „ „ endosperm 7,00 „ Hirsespelzen
kleiner als	0,25 mm		51,32	Gerstenmehl.
			100,00	

Endresultat: Gerstenschrot 91,9 %,
Hirsekleie 8,10 „

Spanischer und Cayennepfeffer.

Darunter versteht man die Früchte mehrerer Arten der Solanaceengattung Capsicum (Beissbeere), welche durch ihren scharfen, brennenden Geschmack ausgezeichnet sind und ein viel verwendetes Gewürz bilden. Da dieselben sowohl eigenthümliche Gewebeformen, sowie auch eine besondere Art des Vorkommens der activen Bestandtheile aufweisen, so erscheint es auch für den technischen Mikroskopiker erspriesslich, Ausführlicheres darüber zu erfahren.

Der spanische oder türkische Pfeffer, dessen Pulver bei uns gewöhnlich Paprika genannt wird, stellt die Früchte von Capsicum annuum L. und von C. longum D. C. vor. Bei ersterer Pflanze sind die Fruchtstiele aufrecht, bei letzterer herabgekrümmt und deren Früchte hängen herab[1]). Durch die Cultur

[1]) Die Unterscheidung scheint aber nicht durchgreifend zu sein, und Hartwich (Pharmac. Post, 1894, S. 611) weist auf eine von Römer und Schultes gemachte Beobachtung (Nees v. Esenbeck und Dierbach, Pharmac. Botanik, I, S. 590) hin, nach der bei Capsicum „aus einerlei Samen Stöcke mit aufrechten und andere mit hängenden Früchten aufgehen".

sind zahlreiche Formen[1]), die sich in der Farbe, Grösse und Gestalt der Früchte unterscheiden, entstanden; bei uns kommen am häufigsten die ziemlich grossen, 6 bis 9 cm langen, kegelförmigen, glänzend rothen oder braunen, wie lackirt aussehenden, am Grunde von einem fünf- bis sechseckigen Kelch gestützten Früchte (von C. longum) vor.

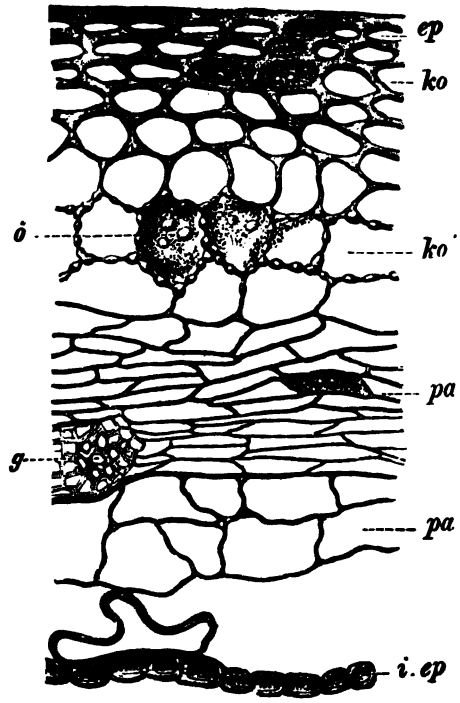


Fig. 192. Spanischer Pfeffer. Querschnitt durch die Fruchthaut. ep Oberhaut, ko Kollenchym (verkorkt), ko' Parenchym (stark aufgequollen), pa—pa' sehr dünnwandiges Parenchym, g Gefässbündel, i.ep Sklereiden der Innenepidermis, darüber eine Riesenzelle, ö Oeltropfen.

Die Fruchtwand ist etwa 400 μ dick, lederartig, zähe, aussen glatt und mit einzelnen rinnenförmigen Streifen versehen, auf der Innenseite von Gefässbündeln längsstreifig und durch gelbe Wülste und Blasen uneben. An der Basis ist die Frucht zwei- oder dreifächerig, indem die wandständigen Samenträger in der Mitte zu einem mächtigen mit den Samen bedeckten Centralkörper verschmolzen sind; nach aufwärts gegen den Scheitel der Frucht treten die Samenträger so zurück, dass sie nur schmale Leisten bilden und die Frucht daselbst einfächerig ist.

Die in der reifen trockenen Frucht leicht sich ablösenden Samen sind scheibenrund bis breitnierenförmig, flach, gelblichweiss, feinwarzig, ca. 4 mm breit und 0,5 mm dick. Die dünne Samenschale umhüllt ein reichliches Nährgewebe (Endosperm), in welchem der aus den spiralig eingerollten Keimblättern und einem geraden cylindrischen, zur Mikropyle sich erstreckenden Würzelchen bestehende Keim enthalten ist.

Um den anatomischen Bau[2]) der Fruchtschale kennen zu

[1]) Vergl. Rodiczky in Fühling's landw. Ztg. 1896, S. 118 ff.; Harz, l. c. II, S. 1009, und Autor, Nahrungs- und Genussmittel, S. 308.

[2]) Moeller, Mikroskopie, S. 245. — Harz, l. c. II, S. 1017. — Autor in Dammer's Lexikon der Verfälschungen, S. 725. — Molisch, Histochemie, S. 50.

lernen, betrachten wir zarte Querschnitte zuerst in Wasser, dann in verdünnter Kalilauge. Wir finden eine cuticularisirte, auf der Aussenseite sehr dickwandige Oberhaut (Fig. 192, ep), welche mit der folgenden Gewebeschicht auf das innigste zu einer starken Platte verbunden ist und sich mit dieser ziemlich scharf sowohl durch die Form der Zellen, wie durch die gelbliche Färbung der Zellwände (in Kalilauge) von dem darunter liegenden farblosen Parenchym abhebt. Die dicken Wände der Oberhautzellen bedingen selbstverständlich nur schmale Lumina, die Seitenwände sind reichlich getüpfelt und zeigen von der Fläche, wie Molisch sagt, ein perlschnurartiges Aussehen; sie sind grösstentheils gestreckt polygonal, mitunter auch etwas rundlich. Das mit der Oberhaut fest verbundene (hypodermatische) Gewebe ist nach der Verdickung der Zellen ein echtes Kollenchym und besitzt, wie Molisch[1]) gefunden, verkorkte Zellwände; es kann daher als verkorktes Kollenchym (kollenchymatisches Korkgewebe) angesprochen werden (Fig. 192, ko). Fast unvermittelt geht dieses in in das Perikarpparenchym (Fig. 192, pa) über, dessen Zellen quellbare, farblose Cellulosewände besitzen und räumlich sehr verschieden entwickelt sind; nach innen zu nehmen sie häufig an Grösse zu und besitzen verbogene Membranen. Als Inhalt führen alle diese Zellen orangefarbige Oeltropfen und spindel- oder halbmondförmige, mitunter auch rundliche Farbstoffkörper (Chromoplasten, Chromatophoren[2]), die insgesammt die rothe Färbung des Perikarps bedingen. Nach Molisch geben diese entweder beim Austrocknen der Frucht oder während der Präparation mit Wasser unter Zerfliessen den Farbstoff an das in den Zellen vorhandene Fett ab, daher die Oeltropfen, wie oben bemerkt, orangeroth gefärbt erscheinen. Bringt man nun zu einem Partikel der Fruchtschale einen Tropfen concentrirter Schwefelsäure, so wird die ganze Pigmentmasse mit den Oeltropfen indigoblau gefärbt[3]). — In einzelnen Zellen des Parenchyms lassen sich mit Jod sehr kleine Stärkekörner nachweisen.

— Arthur Meyer, Drogenkunde, II, S. 418. — Istvanffi Gyula, Der Nachweis des wirksamen Princ. etc. nach Bot. Centralbl., Beihefte, Jahrg. III, 1893, S. 468. — Tschirch-Oesterle, Anatom. Atlas, I, S. 13 und Taf. 4. — Tichomirow, Pharmakognosie 1900, I, S. 420 (russisch).

[1]) Collenchymatische Korke. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1889, VII, S. 364.

[2]) Ausführliches darüber s. Molisch, Histochemie, S. 52.

[3]) Vergl. über den rothen Farbstoff Lippochrom, Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie 1889, VI, S. 172.

In den inneren Theilen des Parenchyms sind schwache Gefässbündel (mit Spiroiden, Fig. 192, g) eingeschaltet. Nun folgt eine sehr merkwürdige Zellschicht. Man gewahrt eine Reihe sehr grosser, mit dicken geschichteten Cellulosewänden versehener, in der trockenen Frucht zusammengefallener, quellbarer Zellen (Riesenzellen, Viaductzellen nach Moli'sch und Istvanffi[1]), die aber an zahlreichen Stellen von Gruppen kleiner quellbarer Zellen ersetzt sind (Fig. 192 und 193, R und p). Damit hängt nun auch die Entwicklung der

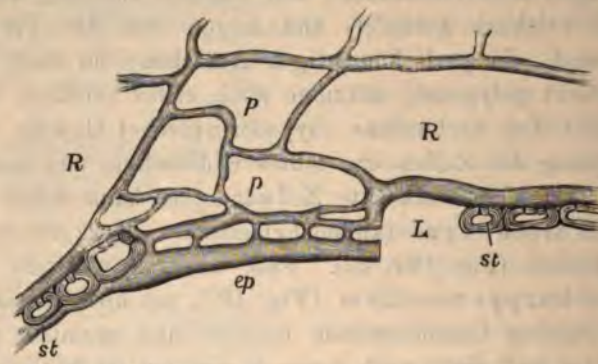


Fig. 193. Spanischer Pfeffer (Capsicum longum). Partie eines Querschnittes durch das Perikarp an der Innenseite, R—R' Riesenzellen, dazwischen das Schaltgewebe p, st verholzte und ep unverholzte Epidermiszellen der Innenseite, L ein Riss im Schnitte.

letzten Gewebeschicht, der Epidermis der Innenseite folgendermassen zusammen: Die Innenepidermis besteht dort, wo sie auf die Riesenzellen zu liegen kommt, aus echten verholzten, an den Seiten reich getüpfelten, unregelmässig contourirten und mit buchtig gewundenen Wänden versehenen Sklereiden (Fig. 192, i ep und Fig. 193, st); wo aber statt der Riesenzellen jene kleinen Parenchyminseln auftreten, führt die Innenepidermis unverholzte, meist gestreckte zu verschieden grossen Complexen vereinigte Zellen (Fig. 193, ep), deren Umrisse oft nicht besonders deutlich sind. Eine scharfe Differenzirung dieser Zellschichten lässt sich mit den Ligninreactionen herbeiführen; auch gewisse Farbstoffe sind hiezu tauglich. Nach A. v. Vogl (l. c. p. 438) bringt man dieses Verhalten am besten zur Anschauung, „wenn man von der in Wasser eingelegten Fruchthaut die innere Epidermis abzieht und in der Fläche mit Safraninlösung behandelt oder auch an Querschnitten

[1]) Istvanffi betrachtet sie als Wasserspeicher, die von den Epidermissklereiden einen besonderen Schutz erhalten.

durch das Perikarp nach Zusatz dieses Farbstoffes. Die verholzten Elemente färben sich sofort schön roth. Methylenblau bewirkt eine blaugrüne oder blaue Färbung derselben (äussere Epidermis und Hypoderm werden smaragdgrün gefärbt).“

Bevor wir zur Anatomie des Paprikasamens und zur Darstellung seiner mikrochemischen Verhältnisse übergehen, wollen wir einen Blick auf den Bau der Fruchtschale der kleinfrüchtigen Capsicumarten werfen und die unterscheidenden Merkmale feststellen.

Die Früchte von Capsicum fastigiatum Bl., C. frutescens L. u. a. A. kommen als Cayennepfeffer in den Handel. Die Zusammensetzung des Perikarps derselben zeigt einige bedeutende Verschiedenheiten gegenüber jener der Paprikafruchtschale und zwar in Bezug auf die Anordnung der Epidermiszellen und hauptsächlich darin, dass das verkorkte Kollenchym gänzlich fehlt[1]). In Fig. 194 sehen wir die Oberhaut der Fruchtschale von C. frutescens von der Fläche; die einzelnen Zellen erscheinen rechteckig oder fast quadratisch und sind in mehr oder weniger parallelen Reihen derart geordnet, dass auf die Längsmembranen h—h die Querseiten senkrecht stehen[2]). Die Höhe der Zellen, parallel zu den Querseiten gemessen, beträgt 60—83 μ, die Breite 9—45 μ. Mitunter sind einzelne Zellen oder zwei- bis dreizellige Complexe eingeschaltet, deren Membranen so bedeutend verdickt sind, dass das Lumen auf eine Linie (Fig. 194 v) reducirt ist. Die Gestalt dieser eigenthümlichen Schaltzellen ist unregelmässig. Betrachtet man nun eine Zellreihe besonders aufmerksam, so wird man gewahr, dass die (in

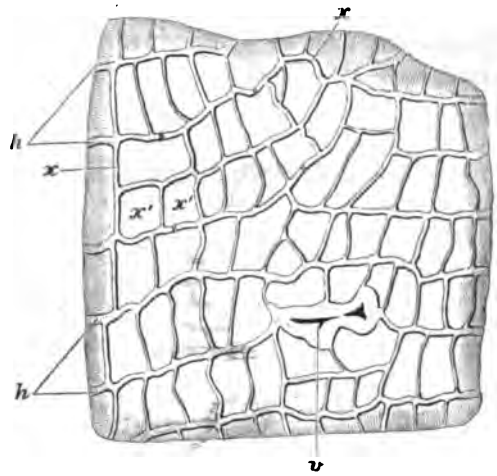


Fig. 194. Cayennepfeffer (Capsicum frutescens). Flächenansicht der Perikarpoberhaut der Aussenseite. x—x und x'—x' Verlauf der in Reihen geordneten Zellen, h die dickeren Horizontalmembranen derselben, v abnorm verdickte Zellen.

[1]) Autor, Zur Charakteristik des Cayennepfeffers. Heger's Zeitschr. f. Nahrungsuntersuch. 1893, VII, S. 297—300.

[2]) Moeller (Mikroskopie etc., S. 249 und Fig. 213, A, B) war der erste, der darauf hingewiesen hat.

unserer Abbildung von links nach rechts ziehenden) Längszellwände h—h stärker (dicker) sind, als die meisten der darauf senkrecht stehenden Querwände. Der Verlauf einer solchen Zellreihe, z. B. x—x und x^1—x^1 macht den Eindruck, als ob die Oberhaut aus ursprünglich langgestreckten Zellen zusammengesetzt wäre, also als ob die ganze Zellreihe eine Zelle gewesen wäre, die durch normal stehende Folgemembranen in leitersprossenähnlich aneinander gereihte Theilzellen zerfielen. Es erinnert dies an die sog. Fensterzellen der Epidermis der Birne, bei welcher aber zum Unterschiede die Quermembranen sich rechtwinklig schneiden. Diese einen hohen Grad von Regelmässigkeit bekundende Anordnung der Epidermis-

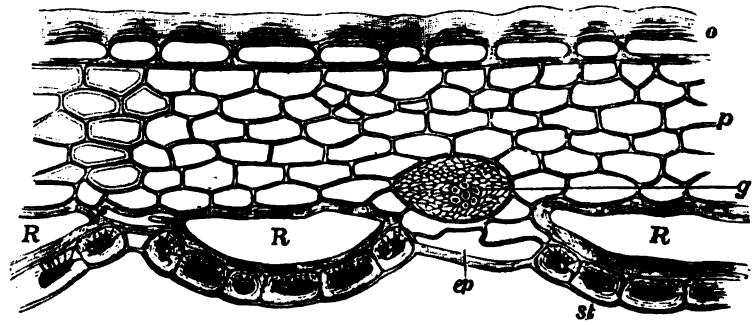


Fig. 195. Cayennepfeffer. Querschnitt durch das Perikarp. o Epidermis (verkorkt), p Parenchym, g Gefässbündel, R Riesenzellen, st verholzte und ep unverholzte Zellen der Innenepidermis.

zellen lässt in dem gepulverten Gewürze, in welchem Platten der Oberhaut (und des Kollenchyms) reichlich zu finden sind, sofort erkennen, ob es vom spanischen oder vom Cayennepfeffer herrührt.

Eine weitere sehr wichtige Differenz ist das vollständige Fehlen eines verkorkten Kollenchyms (Fig. 195). Während die Epidermis, deren Aussenseite sehr mächtig ist und sich von der dünnen Innenwand sehr auffällig abhebt, in allen Wandtheilen verkorkt ist, zeigt das unmittelbare darauffolgende Gewebe den Charakter des Celluloseparenchyms. Die Zellen sind ziemlich regelmässig und tangential etwas gestreckt. Ein Kollenchym fehlt somit vollständig. Die Riesenzellschichte (Fig. 195, R) ist typisch entwickelt, die Zellen besitzen geschichtete, gefaltete, in Kali stark quellende Wände. Wo diese Zellreihe intermittirt (bei ep), ist an Stelle der Riesenzelle jenes kleinzellige Parenchymgewebe entwickelt, das schon oben beschrieben worden ist. Ebenso ist die Epidermis der Innenseite (Fig. 196) gleich

der des spanischen Pfeffers entwickelt und enthält verholzte Sklereiden als Deckschichte der Riesenzellen und Gruppen unverholzter Zellen unter dem kleinzelligen Parenchym (ep), deren Contouren in der Fläche häufig nicht mehr deutlich unterschieden werden können.

Das scharf schmeckende Princip dieser Früchte ist das von Tresh[1]) dargestellte Capsaïcin[2]), welches aber nicht in der ganzen Frucht vertheilt ist, sondern, wie Arthur Meyer[3]) nachgewiesen, Molisch[4]) und Tschirch[5]) bestätigt haben, in den Fruchtscheidewänden seinen Sitz hat. Die Scheidewände besitzen in der Mitte und an dem gegen das Innere vorspringenden Ende unverholzte kleine Oberhautzellen, die im Querschnitt senkrecht zur Oberfläche der Scheidewand gestreckt sind, deren Cuticula an vielen Stellen sich abhebt und einen Hohlraum einschliesst; man sieht diese Hohlräume in Flächenpräparaten (in Kalilauge) als grosse helle Flecke. Die Hohlräume enthalten das Secret. Nach Tschirch beginnt aber die Secretbildung in der Aussenwand selbst, die zuerst einige kleine Höhlungen zeigt; letztere fliessen zusammen und füllen sich mit öliger Masse, welche „die Aussenwand sammt der Cuticula von der zarten innersten Membranpartie der Epidermiszellen abhebt". Endlich wird der abgehobene Theil der Aussenwand aufgelöst, und unter der Cuticula liegt

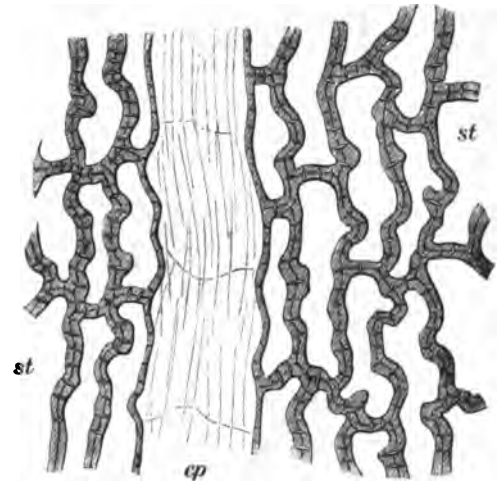


Fig. 196. Cayennepfeffer. Flächenansicht der Innenepidermis der Fruchtschale, st verholzte Zellen, ep eine Abtheilung unverholzter nur mehr undeutlich contourirter Zellen.

[1]) Vergl. die Zusammenstellung in des Autors Nahrungsmitteln, S. 316 und in der Histochemie von Molisch, S. 53. — v. Bitto, Ueber die chem. Zusammensetzung der reifen Paprikaschote, Landwirtsch. Versuchsstat. 1893, XLII, S. 369—379.

[2]) Hat nach Micko (Zur Kenntniss des Capsaïcins, Zeitschr. f. Untersuch. der Nahrungsmittel, Berlin, 1898, I, S. 818) die Formel $C_{18}H_{28}NO_3$ (S. 826).

[3]) Pharmac. Ztg. 1889, Nr. 16, S. 130 und Drogenkunde II, S. 423.

[4]) Histochemie, S. 54.

[5]) Tschirch-Oesterle, Anat. Atlas, I, S. 14. — Vergl. auch Vogl, Nahrungsmittel, S. 439.

nun ein Haufwerk tafelförmiger Capsaïcinkrystalle, die sich in Kali langsam lösen, und an ihre Stelle treten Oktaeder von Capsaïcinkalium.

Wir haben hiemit eine sehr eigenthümliche Localisation der Bildung eines activen chemischen Principes kennen gelernt.

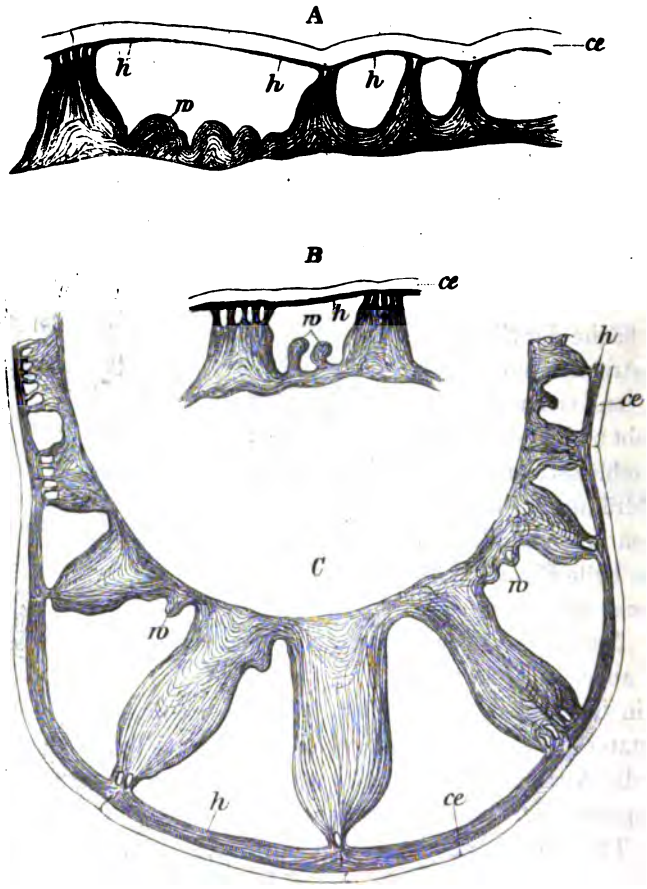


Fig. 197. Querschnitte der Samenhautepidermis von Capsicumarten. A. vom spanischen Pfeffer; B. von der sog. Bombay-Paprika (C. indicum luteum?); C. vom Cayenne-Pfeffer (C. fastigiatum). C zeigt den Querschnitt vom Schmalrande des Samens, dessen Epidermiszellen viel höher sind und ein grösseres Lumen besitzen, als die der Samenbreitfläche. ce Aussenwand, h die verholzten Streifen an der Innenseite der Aussenwand, w die wulstigen Erhabenheiten an der Innenwand. Alles was schraffirt gezeichnet ist, ist verholzt. Die das Lumen auskleidende Innenlamelle ist durch den dickeren Strich angedeutet.

Nun wollen wir uns der Anatomie des Samens zuwenden. Die dünne Samenschale aller untersuchten Capsicumarten besitzt eine mächtige, aus sehr eigenthümlich gebauten Zellen zusammengesetzte Oberhaut und drei oder vier innere Schichten. Am Querschnitt findet

man Folgendes: Die Epidermiszellen von der Breitseite des Samens sind verhältnissmässig niedrig und hie und da breiter als hoch, die des wulstigen Schmalrandes dagegen viel höher als breit (Fig. 197, C). Die Aussenwand ist von einer sehr dünnen, oft nur schwierig nachzuweisenden Cuticula überdeckt und besteht der Hauptsache nach aus einer verschieden mächtigen farblosen Platte, die über die Seitenwände wie eine Brücke ausgespannt ist (Fig. 197, ce). Die Seiten- und Innenwände sind stark verdickt, erstere gleichen Strebepfeilern, die, auf je zwei an einander stossende Zellen bezogen, so innig verschmolzen sind, dass die Zellgrenze im Schnitte fast niemals scharf wahrzunehmen ist. An dem Scheitel dieser Strebepfeiler (wo die Aussenwand auflagert), sind grosse querliegende Tüpfel in Gestalt ovaler oder fast rechteckiger Löcher (Fensterporen) wahrzunehmen; diese können solche Dimensionen annehmen, dass es den Eindruck macht, als ob die Seitenwände in mehrere freie Zapfen endigten, welche wie Pfosten die Brücke, i. e. die Aussenwand tragen. Die Innenwand zeigt häufig in das Lumen vorspringende Warzen und Wülste, welche übrigens auch mitunter auf den Seitenwänden auftreten (Fig. 197, w). Diese eigenthümliche Entwicklung der Zellwand macht es begreiflich, dass das Lumen sehr oft eine ganz unregelmässige Gestalt haben muss. Die Auskleidung des Lumens bildet ein feines Häutchen, das wahrscheinlich, ähnlich wie die innerste Lamelle mancher Bastfaser (oder des Baumwollhaares u. s. w.), die Reste des Protoplasmas darstellt. Von besonderem Interesse ist die stoffliche Zusammensetzung der Zellmembran[1]). Wie der Autor gefunden, wird die oben beschriebene farblose Aussenwand in Chlorzinkjod violett gefärbt, die Seiten- und Innenwand dagegen ist verholzt. Dabei zeigen aber der spanische und der Cayennepfeffer ein sehr bemerkenswerthes differentes Verhalten. Behandelt man den Schnitt mit Anilinsulfat oder Phloroglucinsalzsäure, so erscheinen alle in Fig. 197 schraffirt gezeichneten Partien intensiv gelb bezw. roth gefärbt, während die Aussenwand farblos bleibt. Aber auch auf der Innenseite der Aussenwand c e lässt sich noch eine sehr dünne Platte nachweisen, die verholzt ist; diese Platte ist nicht immer an der ganzen Innenseite entwickelt und nach anderen Beobachtern scheint sie auch ganz zu fehlen, so dass die Verholzung schon mit den strebepfeilerartigen Seitenwänden ihr Ende erreicht.

---

[1]) Autor, Ueber die Samenhautepidermis der Capsicum-Arten. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1888, VI, S. 329—332.

An dem Querschnitt der Samenepidermis einer im Handel als Bombay-Paprika (vielleicht C. indicum luteum) bezeichneten Frucht ist die verholzte Innenlamelle der Aussenwand über der ganzen Lumenweite ununterbrochen ausgespannt (Fig. 197 B); doch ist immerhin noch die Aussenseite c e weit mächtiger. An dem Cayennepfeffer dagegen (Fig. 197, C) ist die verholzte Platte so mächtig entwickelt, dass die farblose Aussenwand nur mehr als sehr dünner Streifen darüber lagert.

Die Blaufärbung der Aussenwand mit Jod und Schwefelsäure (und die Violettfärbung mit Chlorzinkjod) liess die Annahme rechtfertigen, dass die Aussenwand aus Cellulose bestehe.

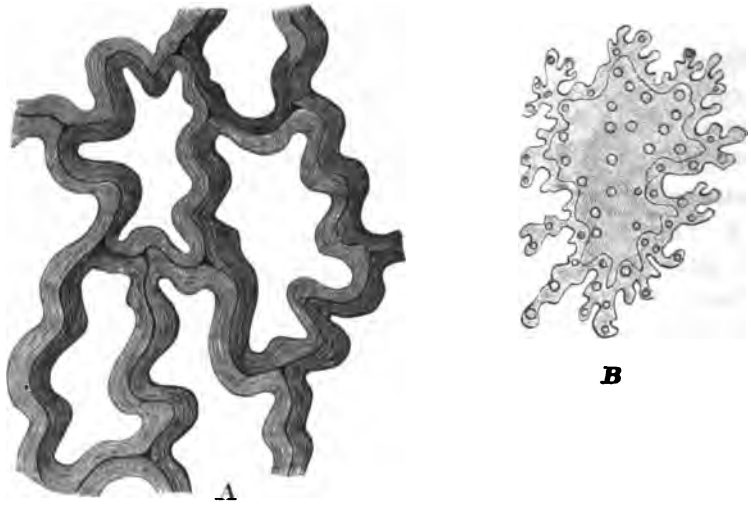


Fig. 196. Spanischer Pfeffer. Epidermis der Samenhaut von der Fläche. A. Tangentialschnitt; von den Epidermiszellen sind nur die mächtigen, buchtig gewundenen Seitenwände sichtbar. B. Eine isolirte Epidermiszelle in der Aufsicht. Vergrösserung ca. 400.

Hartwich[1]) hat aber gezeigt, dass schon Jodjodkalium allein eine Blaufärbung der ganzen Aussenlamelle bewirkt, letztere daher eine Aehnlichkeit mit dem Amyloid (vergl. S. 51) besitzt. Dafür spricht auch die Unlöslichkeit in Kupferoxydammoniak und das Verhalten in Schulze'schem Gemische, welche die Membran nicht völlig auflöst.

Wir finden also die ganze Aussenseite der Epidermis-

[1]) Hartwich, Ueber die Epidermis der Samenschale von Capsicum. Pharmac. Post 1894, XXVII, S. 609—611 und S. 633—634; idem, Ueber die Samenschale der Solanaceen, Vierteljahrschr. d. naturf. Gesellsch. in Zürich, 1896, XLI, Jubelband II, S. 366—382, insbesondere S. 377.

zelle zusammengesetzt beim spanischen Pfeffer aus: Cuticula, Amyloidlamelle, Innenhäutchen; beim Cayennepfeffer aus: Cuticula, Amyloidlamelle, verholzte Lamelle, Innenhäutchen.

Die Epidermiszellen erscheinen in der Fläche stark buchtig gefaltet und mit Warzen und grossen lochartigen Poren versehen (daher ihre von J. Möller herrührende Bezeichnung als Gekrösezellen). Es muss beachtet werden, dass die Zellcontouren verschieden sind je nach der Einstellung des Objectes, wie dies schon aus den Querschnittsbildern, sowie aus dem Aussehen einer isolirten Epidermiszelle hervorgeht (Fig. 198). Bei hoher Einstellung erinnern die Zellen an gewöhnliche Epidermiszellen der Blätter; „nach unten zu nehmen die Seitenzellen", wie Arthur Meyer[1]) den Sachverhalt sehr treffend beschreibt, „an Dicke zu, und auch die Rückwand ist stark verdickt. Die Seitenwände sind nicht so einfach gestaltet, als es die Aufsicht der Zelle erwarten lässt, vielmehr sind sie in ihrem unteren Theile viel complicirter geformt, so dass auch der Contour der Rückwand ein ganz anderer wird, als der der Aussenwand der Zelle. Von jeder Ausbuchtung des wellig gebogenen Contours der Aussenwand aus tritt nämlich die Seitenwand der Zellen, zugleich schräg nach unten abfallend, weit vor und bildet zugleich einige Zweige; in jeder Einbuchtung dagegen tritt die Seitenwand in ähnlicher Weise nach innen zu zurück".

Unter der Epidermis liegt eine meist zweireihige Schicht dünnwandiger, mit deutlichem Lumen versehener Zellen, dieser folgt eine Lage collabirter ganz undeutlicher (der Nährschicht Tschirch's entsprechender) und schliesslich eine Reihe verholzter Zellen, welche stark gestreckt, im Querschnitt schmal rechteckig sind und mit dem Endosperm fest zusammenhängen; sie werden von A. v. Vogl und anderen als innere Samenhaut angesprochen.

Der Samenkern setzt sich aus Endosperm und Keim zusammen. Ersteres besteht aus scharfkantig-polyedrischen, derbwandigen Parenchymzellen, die mit Oelplasma und Aleuronkörnern erfüllt sind. In den Aleuronkörnern sind Krystalloide enthalten. Die innersten Reihen des Parenchyms, welche das Keimlager umgeben, sind dünnwandig, schmal und bilden ein sog. Quellgewebe. Der Embryo besitzt sehr zartwandige, regelmässig angeordnete, Fett und Aleuron führende Zellen.

Da auch der Kelch sich an der Handelswaare vorfindet und mit

---

[1]) Drogenkunde, II, S. 423.

dieser zu Pulver vermahlen wird, so erscheint es angezeigt, dessen Bau kurz anzudeuten. Die Epidermis der Unter-(Aussen-)Seite besitzt polygonale, etwas gebuchtete Tafelzellen mit Spaltöffnungen, die der Ober-(Innen-)Seite ebensolche mit getüpfelten Querwänden und zahlreichen Trichomen; letztere sind entweder Drüsenhaare mit einer Stielzelle und einem mehrzelligen Köpfchen oder kurze mehrzellige Deckhaare.

Ueber die zahlreichen Verfälschungen des Paprika vergl. Dammer's Lexikon der Verfälschungen S. 728 und A. v. Vogl, l. c. S. 443.

Oelkuchen (Rückstände der Oelfabrikation)[1]).

Unter Oelkuchen versteht man die Rückstände der Oelfabrikation bei Anwendung von Pressen oder Extractionsmitteln. Dieselben haben für die Landwirthschaft und Viehzucht eine grosse Bedeutung erlangt. Abgesehen von ihrem Werth als Düngermittel ist es hauptsächlich ihre Verwendung zur Viehmast, welche die Oelkuchen als Kraftfuttermittel zu einem werthvollen Handelsartikel macht. Denn der hohe Eiweissgehalt, das Fett, das trotz der Entölung noch immer in reichlicher, zu Ernährungszwecken weitaus hinreichender Menge vorhanden ist, und die leichte Verdaulichkeit, die schon durch die Form (Kuchen, Mehl) bedingt ist, sind die Werthfactoren dieser Substanzen

Für den technischen Mikroskopiker bietet sich oft die Gelegenheit, ein Urtheil über die Echtheit bezw. Reinheit der Oelkuchen abzugeben; denn auch diese unterliegen mannigfachen Verfälschungen. Er kann aber auch in die Lage kommen, auf Grund der mikroskopischen Untersuchung ein Gutachten über die Verwendbarkeit, über den Werth eines Oelkuchens aussprechen zu müssen, wobei er das Resultat der chemischen Analyse gewissermassen zu unterstützen oder zu rechtfertigen hat. Mit Hilfe von procentisch genau zusammengesetzten Vergleichsmustern wird er die Mengen der Componenten eines Gemisches abschätzen und aus dem mehr oder minder reichlichen Vorkommen von verholzten, unverdaulichen Gewebestücken oder von sehr fettreichen Elementen einen Schluss auf die Güte der vorgelegten Probe ziehen können. Dazu gehört selbstverständlich

[1]) Autor in Realencyklopädie der ges. Pharmac., Band VII, S. 402—419. — König, Untersuch. landwirthsch. und gewerbl. w. Stoffe, Berlin 1898, S. 278—307, mit zahlreichen miskroskop. Abbildungen.

viel Uebung und Erfahrung, vor allem aber eine genaue Kenntniss des anatomischen Baues der hier in Betracht kommenden Rohstoffe, der Oelfrüchte und Oelsamen. Da es in dem Rahmen dieses Buches nicht möglich ist, eine ausführliche Mikroskopie dieser Rohstoffe[1]) zu bieten, so sollen in dem Folgenden einige derselben etwas eingehender besprochen, von den übrigen nur die wichtigsten Leitelemente angegeben werden. Eine kurze Betrachtung über die Oelkuchen im allgemeinen und die Methode ihrer Untersuchung wird vorausgeschickt[2]).

Die Oelfrüchte und Oelsamen werden zumeist durch Pochstempel zertrümmert („geöffnet") oder in Kunstmühlen zerkleinert und in den Koller- oder Oelgängen zu mehr minder feinem Mehl vermahlen. Aus dem Mehlproduct wird das Oel entweder durch Pressung oder durch Extraction gewonnen. Die Pressung erfolgt für feines Genussöl zuerst in der Kälte, hierauf bei höherer Temperatur (von 50 bis 100°). Nach der ersten Pressung unterwirft man das Material unter Zusatz von Wasser einem neuerlichen Mahlprocess, um durch die darauffolgenden Pressungen den grössten Theil des noch zurückgebliebenen Oeles gewinnen zu können. Trotzdem enthalten die Oelkuchen, die nach der Entölung mehrere Wochen getrocknet werden müssen, nach Benecke noch immer 5—10 Procent Oel. Das Extractionsverfahren, das in der Behandlung des Samenmehles mit Schwefelkohlenstoff oder meist mit Benzin (oder Gasolin, Canadol, Destillationsproduct des Petroleums) besteht, vermag die Entölung in viel intensiverem Masse zu bewerkstelligen[3]). Die Rückstände dieses Gewinnungsverfahrens behalten ihre ursprüngliche Mehlform.

Man unterscheidet demnach: a) Eigentliche Oelkuchen (Pressrückstände). b) Oelsamenmehle (Extractionsrückstände). Da auch die Oelkuchen in Mehlform gebracht werden, so gibt es im Handel noch c) Oelkuchenmehle. Letztere werden nach Benecke häufig

[1]) Die wichtigsten derselben sind in Wiesner's Rohstoffen, 2. Aufl., II. Band, von dem Autor bearbeitet worden.

[2]) Vergl. auch Fr. Benecke, Anleitung zur mikroskop. Untersuchung der Kraftfuttermittel, Berlin, 1886; derselbe, Die Bedeutung der mikroskop. Untersuchung etc., Dresden 1888. — König und Böhmer in Dammer's Lexikon der Verfälschungen 1888, S. 672—685.

[3]) Die Gewinnung des Leinöls z. B. geschieht auf vierfache Weise:

1. Mit Stampfen.
2. Mit hydraulischen Pressen nach französischem System.
3. Mit amerikanischen oder englisch-amerikanischen Pressen.
4. Extraction mit Benzin.

wieder in die Kuchenform gebracht, nicht selten unter Zusatz von werthlosen und selbst schädlichen Stoffen, so dass also noch

d) Oelkuchenmehlkuchen unterschieden werden können.

Eine vollständige Untersuchung eines Presskuchens ist naturgemäss eine dreifache; eine mikroskopische, eine chemische und eine praktische (physiologische). Die chemische Untersuchung erforscht den Fett-, Stickstoffsubstanz-, Rohfaser-, Wassergehalt, die Aschenmenge etc. Die praktische Erprobung sucht den Nährwerth, die Verdaulichkeit, überhaupt den Einfluss der Kuchen auf das Gedeihen des Mastviehes, wenn sie als Futtermittel verwendet werden, auf die Milchergiebigkeit etc. festzustellen. Handelt es sich aber um die Abstammung und die Reinheit eines Kuchens zu erfahren, oder um eine annähernde Schätzung seines Fett- und Stickstoffsubstanzgehaltes (vergl. oben) durchzuführen, so kann nur die mikroskopische Untersuchung Aufschluss geben. Von Oelkuchenmehlen genügen zur Untersuchung Proben von verschiedenen Stellen des Mehles. Von Kuchen, die gewöhnlich sehr feste grosse Scheiben darstellen, bereitet man durch Kreuz- und Querdurchsägen ein Sägemehl. Zuerst wird die Stärkeprobe mit Jod vorgenommen. Die meisten Oelkuchen besitzen — etwa die Erdnuss ausgenommen — keine oder sehr wenig Stärke. Ist die letztere in auffallender Menge vorhanden, so liegt die Vermuthung nahe, dass der Kuchen mit einem Getreidemehl etc. verfälscht ist. Man wird nun die Abstammung der Stärke herauszubringen suchen.

Weiters bringt man eine Probe in einer Eprouvette mit Chloroform zusammen, wie man es bei der Untersuchung des Mehles zu thun pflegt, schüttelt tüchtig durch und lässt sie hierauf ruhig stehen. Es bilden sich zwei Schichten; obenauf schwimmen die meisten organischen Elemente, ein Bodensatz kann aus schweren Schalentheilchen etc. bestehen, was aber nicht immer der Fall sein wird, häufig ist er mineralischer Natur, Sand, Erde; sind es auffallend grössere Mengen Sand, Thon, Kreide etc., so schliesst man auf einen verfälschenden Zusatz, der dann noch weiters durch die Aschenbestimmung sicher gestellt wird. Die mikroskopische Untersuchung wird nun in der gleichen Weise vorgenommen, wie sie für Mehle überhaupt zu geschehen pflegt. Zweckmässig ist es, durch Siebe[1]) gröbere und feinere Partikel von einander zu trennen und zunächst einmal die feinsten zu untersuchen; man legt eine Probe zuerst in

[1]) Vergl. die Weinzierl'sche Methode S. 343.

Wasser ein und beobachtet; dann in Kalilauge, in Alkohol u. s. w. Eine andere Aufschliessungsmethode besteht darin, dass man das Mehl zuerst mit Natronlauge und dann mit Glycerinessigsäure behandelt; hiedurch erhält man in den meisten Fällen recht klare Bilder der verschiedenen Gewebeformen. Von den grösseren festen Partikeln macht man Quetschpräparate, indem man sie erweicht, in Kalilauge erwärmt und auf dem Objectträger zerdrückt; sind sie genügend gross, so kann man sie auch in Kork einklemmen (oder in Gummi betten) und Quer- und Längsschnitte daraus anfertigen. Da die mehr oder minder reichen Fettmengen das mikroskopische Bild der betreffenden Gewebe gewöhnlich stark trüben und undeutlich machen, so empfiehlt es sich durch Einlegen der Probe in Chloroform, Aether, Benzol, oder durch längere Behandlung mit Chloralhydrat die Präparate zu klären. Die meisten Oelkuchen haben so charakteristisch gebaute Gewebselemente, dass ihre Bestimmung fast immer gelingt. Schwieriger ist die Feststellung bezw. Determinirung von etwa beigemengten Unkrautsamen, besonders der Cruciferengruppe.

1. Baumwollsamenkuchen (und Baumwollsamenmehl[1]).

Nachdem es (hauptsächlich deutschen Fabriken) gelungen ist, die Baumwollsaatkuchen so frei von Baumwollhaaren, Eisentheilchen, Sand etc. darzustellen, dass man dieses Product („deutsches Baumwollsaatmehl") geradezu als rein bezeichnen muss, so hat diese Kuchengattung eine grosse Bedeutung als Futtermittel erlangt. Man unterscheidet nur zwei Provenienzen: Die amerikanische liefert wohl schalenfreies, aber mit Baumwollhaaren und Eisentheilchen reich verunreinigtes Mehl und Kuchen; die ägyptische Saat wird nach England gebracht, daselbst von der Wolle befreit, sammt den Schalen zerkleinert und daraus Oel gepresst; bei uns ist dieses Product, weil schalenhaltig und daher ärmer an Oel und Proteïn, nicht beliebt. In Nordamerika werden die geginten Samen (S. 53) durch Schälmaschinen von den Schalen befreit; letztere dienen als Feuerungsmaterial und angeblich auch zur Papierfabrikation. Die öfters constatirten Vergiftungserscheinungen nach der Verfütterung der

[1]) Ueber Fabrikation, Zusammensetzung etc. belehrt ein Aufsatz von Gebek, Ueber Baumwollsaatmehl und Baumwollsamenkuchen, Landwirthsch. Versuchsstat. 1893, XLII, S. 279—309. Die darin enthaltenen Angaben über die mikroskopischen Eigenschaften stützen sich fast durchwegs auf des Autors Artikel in der Zeitschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver. 1888, Nr. 35 und 36.

Baumwollsaatrückstände sind noch nicht hinreichend aufgeklärt; bei vielen waren Verunreinigungen oder auch massenhaftes Auftreten von Spaltpilzen wohl als die Ursache der Vergiftung anzugeben. „Ob in dem Baumwollsamenmehl ein den Lupinenalkaloiden ähnlicher giftiger Stoff vorkommt, der je nach Umständen in wechselnden Mengen vorhanden sein kann, oder ob bei mangelhafter Conservirung Fäulnissbasen entstehen, muss bis jetzt dahingestellt bleiben" (König).

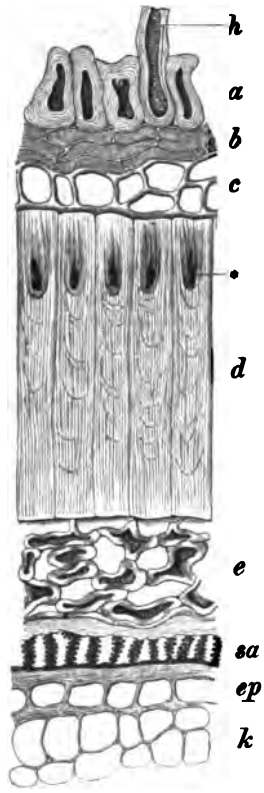


Fig. 199. Samenschale des Baumwollsamens im Querschnitt. a Epidermis mit Haar h, b (erste) Pigmentschicht, c farblose Schicht (Krystallschicht), d Palissadenschicht, bei * das Lumen, e zweite Pigmentschicht (die grossen Intercellularräume sind nur an einer bestimmten inselartig isolirten Stelle der Samenschale vorhanden), sa Fransenzellen (Nucellarrest), ep und k Endosperm.

Die Producte aus den Baumwollsamen lassen sich mikroskopisch leicht diagnosticiren und auf ihre Reinheit prüfen; auch ist es sehr leicht, schalenfreies Product von schalenhaltigem zu unterscheiden. Die Pressrückstände amerikanischer Herkunft sind auffallend gelb. Eine braune Färbung weist nach Gebek[1]) auf zu heisse Pressung oder auf alte Samen hin, vielleicht auch auf Selbsterhitzung. Die von ägyptischer Waare stammenden Kuchen sind gelb, mit dunklen Schalentheilchen durchsetzt und im frischen Zustande mit einem Stich ins Grüne (Gebek).

Der Baumwollsame[2]) besteht aus einer Samenschale, einem inneren Samenhäutchen und einem mächtigen, mit zwei vielfach gefalteten Kotyledonen versehenen Keim. Die braune Samenschale ist aus sechs Schichten zusammengesetzt. Zur Orientirung diene zunächst der Querschnitt (Fig. 199). Die Epidermis der Samenschale wird von ziemlich grossen, gelblich- und dickwandigen, mit schwarzbraunem Inhalt versehenen Zellen gebildet; die Wände sind deutlich geschichtet (Fig. 199, 200, a); zahlreiche Oberhautzellen sind zu Haaren (h) ausgewachsen. An Samen mit Grundwolle (vergl. S. 52, Anmerkung) sind diese verdickten Zellen grösstentheils die Fusstheile der Baumwollhaare; bei solchen ohne

[1]) Gebek, l. c. S. 283.

[2]) Vergl. auch Wiesner's Rohstoffe, 2. Aufl., II. Band, Abschnitt Samen.

Grundwolle bemerkt man, dass um eine Haarzelle die haarfreien Zellen sich im Kreise anordnen (Fig. 200, a). Schon diese Epidermiszellen mit ihrem tiefbraunen Inhalt geben ein vorzügliches Leitelement für Baumwollschalen ab.

Unter der Epidermis liegt die erste Pigmentschicht, die aus mehreren Reihen dünnwandiger, ganz mit braunem Farbstoff

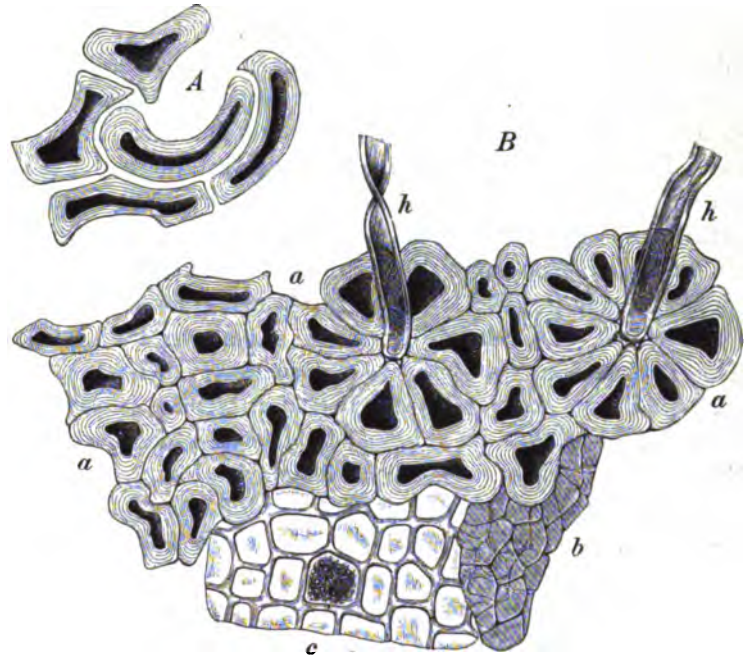


Fig. 200. Samenschale des Baumwollsamens in der Fläche, A durch Maceration isolirte Epidermiszellen, B Schalenstück mit Haaren; Bezeichnung wie in Fig. 199.

durchtränkter, opaker, tangential zusammengepresster Zellen besteht (Fig. 197, b) und auch gut entwickelte Gefässbündel enthält. In Flächenstücken (des Mehles) findet man sie meist mit der dritten Schicht, diese braunfärbend, im Zusammenhang.

Die dritte farblose oder Krystallschicht genannt, setzt sich aus ein bis zwei (höchst selten drei) Reihen polyedrischer, im Querschnitt fast quadratischer, farbloser, glatt- und derbwandiger verholzter Zellen zusammen (Fig. 199, 200, c), deren Inhalt aus einzelnen Oxalatkrystallen (Hendyoeder) oder aus körniger Masse besteht.

Den mechanischen Schutz der Schale leistet die nun folgende einreihige Palissadenschicht, die in sehr ähnlicher Aus-

bildung auch den Bombaceensamen (vergl. Kapokkuchen) zukommt. Sie sind von enorm langen, radial gestellten, schmalen, prismatischen Sklereiden gebildet, die im Samenschalenquerschnitt bei ungenauer Beobachtung sehr leicht zu der unrichtigen Anschauung verleiten können, dass diese Schicht aus zwei Zellreihen bestehe. Indem nämlich dadurch, dass der gelb-bräunliche Inhalt in dem im äussersten (obersten) Dritttheile der Zelle gelegenen breiten Lumenabschnitte gelagert ist (Fig. 199 d, bei *), eine scheinbare Abgrenzung, also gewissermassen eine Zweitheilung der einzelnen Palissaden zu Stande kommt, macht diese Schicht den Eindruck, als ob sie zweireihig wäre. Dazu kommt noch, dass dieser oberste Theil der Zellwand nicht verholzt ist und mit Chlorzinkjod sich blau färbt, während der mittlere Dritttheil der Zellwand sehr kräftig die Phloroglucin-Salzsäurereaction gibt. Die Basistheile der Palissaden werden durch Phloroglucin-Salzsäure nicht roth, sondern bräunlichgelb gefärbt; vielleicht wirkt hier auch das Pigment der nächsten Schicht mit, obwohl auch an losgelösten Palissaden diese stoffliche Dreitheilung der Zellwand beobachtet werden kann. Eigenthümlich sind auch die verschiedenen Bilder, welche die Querschnitte in verschiedener Höhe der Palissaden (also im Tangentialschnitte der Samenschale) zeigen. Das Scheitelende ist etwas emporgewölbt und zeigt radialgestreifte zu vieren geordnete Lamellen; in der Höhe des Lumens (Fig. 199, d bei *) sind die Zellwände mit in das Lumen einspringenden Zähnen versehen; im verholzten Theil ist das Lumen auf einen Punkt (Querschnitt) reducirt, von dem zahlreiche Radiallinien zur Peripherie ziehen[1]).

Die nächste (fünfte) Schicht bildet eine mehrreihige Lage durch braunes Pigment dunkelgefärbter zusammengepresster Zellen mit dünnen Wänden (zweite Pigmentschicht). An dem breiten Ende des Samens ist die Samenschale dicker, als ob sie ein Pölsterchen (v. Bretfeld) trüge; daselbst sind die Zellen dieser Schicht dickwandig, mit Fortsätzen versehen, lassen grössere Intercellularen zwischen sich frei und ertheilen dem Gewebe den Charakter eines Schwammparenchyms (Fig. 199, e). Von der Fläche gesehen, sind die Pigmentzellen polygonal mit hellen Wänden und dunkelbraunem Inhalt.

Den Abschluss der eigentlichen Samenschale bildet ein heller,

[1]) Ueber das Verhalten dieser Zellen im polarisirten Lichte s. Bretfeld, Anatomie der Baumwoll- und Kapoksamen, Journ. f. Landwirthsch. 1887, XXXV, S. 29—56.

in Chlorzinkjod gelber feingestrichelter Streifen (in Fig. 199 unter der letzten Zellreihe von e), der auch in der Fläche nur undeutliche polygonale Zellcontouren zeigt.

Der aus der geöffneten Schale herausfallende Kern ist von einem dünnen, nach Aufweichen in Wasser leicht abzuziehenden Häutchen umhüllt, das gewissermassen eine innere Samenhaut darstellt. Dieses Häutchen besteht nur aus zwei Schichten. Die äussere wird von

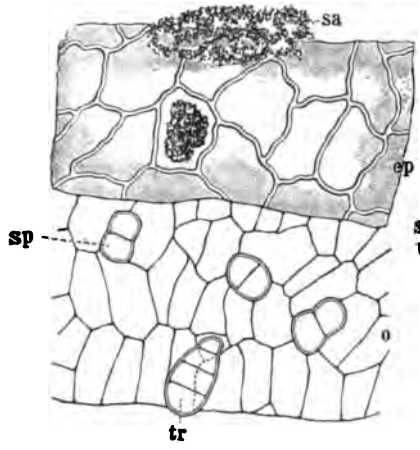


Fig. 201. Baumwollsamen. Flächenstücke der Fransenzellenschicht sa, des Endosperms ep und der Oberhaut des Keimblattes o (Aussenseite). tr Trichom, sp Spaltöffnungs-Anlagen.

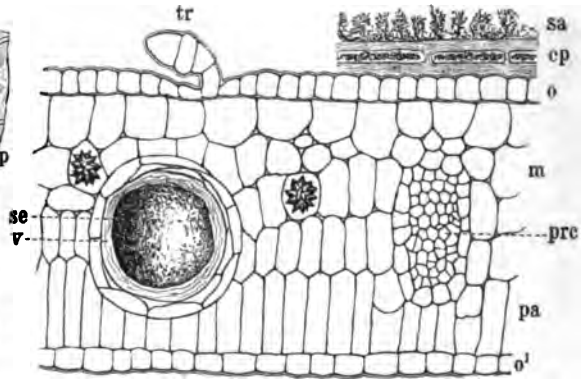


Fig. 202. Baumwollsamen. Partie eines Querschnittes durch ein Keimblatt. sa Fransenzellen (Nucullarrest?), ep Endosperm, tr Trichom, o Oberhaut der Aussen-(Unter-)Seite, o' der Innen-(Ober-)Seite, pa Palissadenparenchym, Parenchym mit Intercellularen, prc Procambiumstrang, se Secretbehälter, das Secret grösstentheils entfernt, v verschleimte Schicht des Epithels. Nach Behandlung mit Aether, Alkohol und Chlorzinkjod.

einer Reihe höchst eigenthümlicher Zellen gebildet, so dass die kleinsten Rudimente dieses Gewebes im Mehle ein diagnostisch sehr werthvolles Kennzeichen abgeben. In der Fläche gesehen, erscheinen die Zellen dieses Gewebes polygonal und ihre Wände sind mit zarten, vielfach verästelten, Pilzhyphen ähnlich sehenden und abstehenden Fortsätzen versehen, dabei weich und bräunlichgrau gefärbt; im Querschnitt ist die Aehnlichkeit mit Pilzhyphenknäuel noch auffallender (Fig. 201, 202, sa; in Fig. 199 nur schematisch angedeutet). Die Zellen sehen also gefranst aus. Solche Fransenzellen sind auch am Kapoksamen, aber viel einfacher gezähnelt, entwickelt. Das Gewebe dürfte dem Nucellus entstammen und wahrscheinlich dessen persistirende Oberhaut darstellen[1]); man kann es — falls diese An-

[1]) Vergl. Lohde, Ueber die Entwicklungsgeschichte und den Bau einiger Samenschalen. Inaug.-Diss. Leipzig 1874, S. 35. — Soweit ich diese Verhältnisse untersuchen

nahme richtig ist — als einen Perispermrest bezeichnen. Darunter und mit dem vorigen fest verbunden liegt ein Gewebe, das dort, wo es die Kotyledonen umgibt, aus einer Reihe, dagegen in der Gegend des Würzelchens aus vielen Reihen von Zellen zusammengesetzt ist (Fig. 199, 201, 202, ep). Es ist das Endosperm. Die Zellwände sind derb, bläuen sich in Clorzinkjod, der Inhalt der einreihigen Lage ist plasmatisch; der der vielreihigen dagegen besitzt nebst Oelplasma auch Häufchen kleiner Stärkekörner.

Die Keimblätter lassen sich am aufgeweichten Samen auseinander falten, sind ca. 1 cm breit, breitnierenförmig und verhältnissmässig dünn. Die beiden Oberhautplatten, von im Querschnitt rectangulären, in der Fläche unregelmässig polygonalen Zellen — mit Spaltöffnungsanlagen (Fig. 201, o, sp) — gebildet, umschliessen ein bifaciales Mesophyll. Die Oberhaut, hauptsächlich der Aussen-(Unter-) Seite, weit seltener die der Oberseite, trägt kurze eiförmige, mehrzellige Trichome (Fig. 201, 202 tr und Fig. 203), deren Fusszelle in einer Einsenkung ruht, während der freie Theil aus drei oder vier über einander stehenden querbreiten Zellen zusammengesetzt ist. Am reichlichsten treten diese Trichome, die bisher allen Beobachtern entgangen zu sein scheinen, auf der Axe an jener Stelle auf, wo die Keimblätter inserirt sind (Fig. 203). Sie erinnern an die sehr ähnlichen, zumeist aber an Zellen reicheren, unter dem Namen „Mitscherlich'sche Körperchen" bekannten Gebilde der Cacaokeimblätter.

Fig. 203. Baumwollsamen. Trichome von der Axe des Keimes.

Um die Gewebe der Kotyledonen im Querschnitt recht klar beobachten zu können, ist es nöthig, die reichlichen Fett- und Eiweisskörper zu entfernen. Hiezu empfiehlt sich folgendes einfache Verfahren. Man legt die Schnitte zuerst in Aether, nach Verdunsten desselben in Alkohol, saugt letzteren ab und fügt nun Chlorzinkjod hinzu. Der grösste Theil des Fettes ist entfernt, von den Aleuronkörnern sind noch die krystallartigen Einschlüsse in winzigen kantigen Körnchen vorhanden, die aber allmälig aufgelöst werden; eine

konnte, scheint in der Entwicklung dieser eigenthümlichen Zellwandverdickungen eine Stufenfolge anzunehmen zu sein. Bei Malope trifida und einigen anderen Malvaceen ist die Zellwand nur fein knotig verdickt, bei den Bombacaceen treten schon locale zahn- und zäpfchenartige Wucherungen auf, bei Gossypium verlängern sich diese bis zu hyphenartigen Auswüchsen. — Bemerkenswerth ist auch, dass die Zellwände nicht auf Cellulose reagiren.

Blaufärbung durch das Chlorzinkjod tritt nicht ein. Der Querschnitt des Keimblattes erscheint nun höchst klar und zart, jede einzelne Zelle ist deutlich sichtbar. An der Innenseite, mit welcher die beiden Keimblätter an einander liegen (ihre morphologische Blattoberseite), befindet sich eine Palissadenzellreihe, an die eine zweite mit kürzeren Zellen stösst; das übrige Mesophyll besteht aus rundlichen Zellen mit Intercellularen. An vielen dieser Zellen sieht man kleine runde oder ovale Ringe, die vermuthlich kurze Fortsätze in der Aufsicht (von oben beobachtet), darstellen; somit ist die Anlage zu einem Schwammparenchym gegeben.

Der Inhalt der Mesophyllzellen besteht aus Oelplasma, Aleuronkörnern, die selbstverständlich in dem Präparate, das, wie oben beschrieben, behandelt worden ist, nicht mehr vorhanden sind; wohl sieht man aber hie und da eine Krystalldruse von Calciumoxalat und kleine Häufchen molecularer Stärke.

Im Mesophyll sind Procambiumstränge (Fig. 202, prc) und 100 bis 400 μ im Durchmesser haltende, kugelrunde lysigene Secretbehälter (Fig. 202, se), von den Autoren Harzdrüsen genannt, eingeschaltet. Der lysigene Charakter[1]) derselben ist, sofern der fertige Secretbehälter berücksichtigt wird, ziemlich klar ersichtlich, denn das Epithel, welches den Secretraum umschliesst, besteht in seiner äusseren Partie aus tangential abgeplatteten, sehr dünnwandigen Zellen, worauf eine ziemlich starke verschleimte Schicht folgt, in welcher noch Zellwandreste beobachtet werden können. Diese farblose Schleimschicht, die man durch Behandlung mit Salzsäure und (nach Auswaschen mit Wasser) mit Kalilauge als eine gelbliche faltiggeschichtete Masse sichtbar machen kann, umschliesst das grünlichschwarze, opake Secret (Fig. 202, v). Letzteres fliesst schon, da die Schleimschicht in Wasser löslich ist, von in Wasser liegenden Schnitten in Gestalt einer dicken Emulsion aus, welche in einer farblosen Masse dunkle winzige Körnchen (Harz?) in lebhaftester Molecularbewegung zeigt. In Chlorzinkjod wird das Secret rothbraun, in concentrirter Schwefelsäure löst es sich zu einer dicken Flüssigkeit von trübblutrother Farbe auf, in Ammoniak bleibt der emulsionsartige Charakter erhalten, es wird aber grünlichgelb gefärbt; auch in Kalilauge beobachtet man eine grüne Färbung.

---

[1]) Auch v. Höhnel bezeichnet diese „Drüsen" als lysigen. Vergl. dessen „Anatomische Untersuchungen über einige Secretionsorgane der Pflanzen", Sitzungsber. d. Akademie d. Wissensch., Wien 1881, I, 84, S. 566 und 578.

Das Würzelchen besitzt rundliche Zellen und ist ziemlich reich an kleinkörniger Stärke.

In dem „geschälten" Baumwollsamenkuchen (und im Mehle) finden wir die äusserst dünnwandigen Keimblattzellen mit Oelplasma, Aleuronkörnchen und Oxalatdrusen, ferner die charakteristischen Fransenzellen und die auffallend grossen kugeligen grünlichschwarzen, gänzlich undurchsichtigen, in concentrirter Schwefelsäure blutroth sich lösenden Secretmassen; der „ungeschälte" Kuchen enthält ausserdem noch die Palissaden, die Epidermiszellen mit Baumwollhaaren und die braunen Partikel der Pigmentschichten; an den Stücken der ersten Pigmentschicht haften noch die farblosen derbwandigen Krystallschichtzellen. Die grossen Secretbehälter sind als schwarze Punkte schon mit unbewaffnetem Auge sichtbar.

2. Kapokkuchen[1]).

Die Früchte verschiedener Bäume aus der Familie der Bombacaceen besitzen an ihren Innenwänden einen dichten Wollfilz, dessen Haare wir als Pflanzendunen (S. 63) kennen gelernt haben. Die Samen selbst sind frei von Haaren; sie sind sehr öl- und proteïnreich (62,1 Procent Fett und 22,65 Procent Proteïn), und stellen daher einen vortrefflichen Oelrohstoff dar. Die Presskuchen sind jetzt auch Handelsartikel geworden und man unterscheidet:

1. Javanischen Kapokkuchen, der von den Samen des Wollbaumes (Ceiba pentandra Gärtn. = Eriodendron anfractuosum DC. = Bombax pentandrum L., silk cotton tree, fromager, Donsboom, Panja-, Sangori-, Algodans-, Kapokbaum) stammt. Der Baum findet sich in Mexiko, auf den Antillen, in Guiana, in Afrika, ganz Ostindien und dem malayischen Archipel[2]) vor.

2. Ostindischen Kapokkuchen von den Samen verschiedener Bombax-Arten, insbesondere Bombax Ceiba L. (= B. malabaricum DC. = Salmalia malabarica Sch. et. Endl. = Gossampinos rubra Hook.). Letztere Art ist von Vorderindien bis Westaustralien verbreitet.

Nur der letztere ist in der folgenden kurzen Beschreibung berücksichtigt. Die Bombax-Samen sind nach demselben Typus wie die von Gossypium gebaut. Es werden daher auch in den Geweberudimenten der Kuchen viele ähnliche Formen aufzufinden sein,

[1]) Autor in Realencyklopädie, Band VII, S. 413.

[2]) Schumann in Engler-Prantl, Pflanzenfamilien, III, Abth. 6, S. 63.

wie sie der Baumwollsamenkuchen aufweist. An den differirenden Leitelementen ist aber der Kapokkuchen sehr leicht von dem Baumwollsamenkuchen zu unterscheiden. Schon die für den letzteren so charakteristischen dickwandigen geschichteten Epidermiszellen der Samenschale sind bei Bombax ganz anders entwickelt, ebenso die erste Pigmentschichte. Man findet ein dunkelrothbraunes Gewebe mit rundlich polyedrischen, reich und grob getüpfelten Zellen, die stellenweise sklerosirt sind. Die Krystallschicht ist mehrreihig, die Zellwände sind fast kollenchymatisch verdickt, getüpfelt und das in ihnen enthaltene Calciumoxalat tritt nur in grossen Drusen (nicht in Einzelkrystallen) auf. Die Palissadenzellen haben dieselbe Ausbildung, sind aber um ein Drittel kürzer, als am Baumwollsamen. Die Fransenzellen zeigen viel einfachere Fortsätze und führen häufig einen gelblichen Inhalt. Das Gewebe des Keimes ist dicht mit Oelplasma und Aleuronkörnern erfüllt, Krystalle, sowie die grossen Secretbehälter des Gossypium-Samens fehlen vollständig. Durch die angegebenen Merkmale ist der Kapokkuchen im Allgemeinen charakterisirt, durch das Fehlen der Secretbehälter und durch die Krystallschicht vom Baumwollsamenkuchen sofort zu unterscheiden.

Sehr ähnlich gebaut ist der javanische Kapokkuchen [1]).

3. Kürbiskernkuchen [2]).

Der hohe Gehalt des Kürbiskernkuchen (aus den Samen von Cucurbita Pepo L., C. maxima Duch., C. moschata Duch.) an Proteïnsubstanzen (29—55,6 Procent) lässt seine Verwerthung als Kraftfuttermittel begreiflich erscheinen, wenn auch wahrscheinlich nicht gar zu häufig genügende Quantitäten zu Gebote stehen dürften [3]). Kürbisse werden hauptsächlich in Ungarn, Polen und Nieder-Oesterreich gebaut. In Ungarn unterscheidet man Schweinekürbis als Futtermittel und Herren- oder Bratkürbis als menschliches Nahrungsmittel.

In dem Kuchen sind in der Regel die Samen schon makroskopisch zu erkennen. Auch der mikroskopische Nachweis [4]) unterliegt keinen

[1]) v. Bretfeld, Anatomie der Baumwolle- und Kapoksamen, Journ. f. Landwirthsch. 1887, XXXV, S. 51 ff.

[2]) Th. Kosutany, Die Kürbiskernkuchen. Landwirthsch. Versuchsstat. 1893, XLIII, S. 264—269.

[3]) Harz, Ueber Anbau und Verwerthung einiger Kürbissamen. Zeitschr. d. Landwirthsch. Vereins in Bayern, 1879, März.

[4]) v. Höhnel, Morpholog. Untersuchungen über die Samenschale der Cucurbitaceen. Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1876, LXXIII; Fickel, Bot. Ztg. 1876, XXXIV, Nr. 47—50, S. 787 ff.

Schwierigkeiten. In Fig. 204 sind die diagnostisch verwerthbaren Gewebeformen abgebildet. Die mächtigen Sklereiden (Sc), die an jene der Samenhaut des spanischen Pfeffers in der Flächenansicht, nicht aber im Querschnitt erinnern, das Parenchym derbwandiger polyedrischer Zellen, überdeckt von zartwandigen langgestreckten Zellen (En), die wahrscheinlich dem Endosperm angehören, vor allen aber die besonders charakteristisch geformten, netzförmig verdickten Schwammparenchymzellen der Testa (S) sind die Leitelemente dieses Kuchens. Das Keimblattgewebe enthält Oelplasma und Aleuronkörner (al), in Parenchymzellen der Samenschale sind noch sehr kleine Stärkekörnchen (am) zu finden.

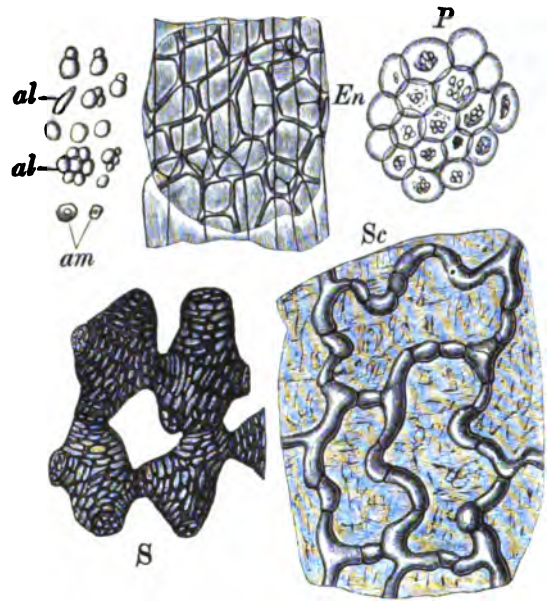


Fig. 204. Aus dem Kürbiskernkuchen. al Aleuronkörner, am Stärke, En Gewebestück aus dem Endosperm, P Parenchym, S netzförmig verdickte grosse Schwammparenchymzellen, Sc Sklereiden, die beiden letzteren der Samenschale angehörig.

4. Olivenkernmehl[1]).

Olivenkerne sind die von dem Endokarp (Steinschale) eingeschlossenen Samen des Oelbaumes (Olea europaea L.), die zur Gewinnung des Olivenkernöles dienen. Die Pressrückstände kommen in sehr grossen Posten auf den Markt und dienen hauptsächlich als Verfälschungsmittel gepulverter Gewürze und anderer Lebensmittel.

Da sie am häufigsten dem Pfefferpulver beigemischt werden, so wollen wir an einem solchen Pfefferpulver zeigen, wie diese Beimischung von dem Mikroskopiker zu untersuchen und zu erkennen ist. Hiebei wird die Kenntniss des anatomischen Baues des Pfeffers vorausgesetzt.

[1]) Autor in Realencyklopädie, Band VII, S. 495.

Von Nichtmikroskopikern sind zur Erkennung dieser Beimischung Schwimmproben angegeben worden, die aber nur einen problematischen Werth haben. Die Schwimmprobe von Dupré (und Ch. Girard) besteht darin, dass man den zu prüfenden Pfeffer in ein Gemisch von gleichen Theilen concentrirten Glycerins und Wassers schüttet. Die Olivenkernpartikel sinken darin unter, während die des Pfeffers auf der Oberfläche schwimmen. Letzteres ist allerdings richtig, man findet aber auch in dem obenschwimmenden Pulver Geweberudimente der Olivenkerne.

Zur ersten Orientirung über das zu untersuchende Material empfehlen sich zwei einfache Säureproben. Bringt man zu einer Pfefferprobe concentrirte Salzsäure, so löst sich das im Pfefferperisperm enthaltene Harz mit gummiguttigelber Farbe und färbt alle sonst farblosen Stärkezellen gelb, was schon makroskopisch wahrzunehmen ist (Neuss). Die Bestandtheile der Pfefferschale, sowie alle fremden Objecte, wie z. B. Olivenkernmehl, Koprah, Palmkern werden dadurch nicht gefärbt; man kann diese daher aus dem auf dem Deckglase ausgebreiteten Pulver herauslesen und gesondert untersuchen.

Weiters betupft man eine frische Probe des zu untersuchenden Pulvers mit concentrirter Schwefelsäure; die dem Pfeffer angehörigen Theile verhalten sich folgendermassen: Pfefferschalentheile werden mit bräunlicher, das Perisperm mit gelblicher Farbe zum Zerfliessen gebracht; nur die Harzzellen des Perisperms werden blutroth gefärbt, was sich mit der Lupe beobachten lässt.

Wir lassen nun eine kurze Beschreibung der Olivenkerne (Endokarp) folgen. Sie sind länglich schmal-eiförmig oder spindelig, an der Oberfläche grob runzelig, grünlich, gelblich oder violettbraun, steinhart, spröde, an Schnittflächen gelblichbraun oder schmutziggraugelb und heller geadert, durchschnittlich 0,6 g schwer, 15—18 mm lang und 4 bis 6 mm dick.

Der von der Steinschale befreite Same ist 9—11 mm lang, zusammengedrückt, schmallänglich und besitzt eine weiche, gelbe, von starken Gefässbündeln durchzogene Samenschale. Der Kern ist weiss oder gelblich und besteht aus einem öligfleischigen Keimnährgewebe, in dessen Mitte der Keim mit kurzem Würzelchen und zwei zarten dreinervigen Keimblättern liegt; bricht man den Samen an der Spitze ab, so lässt sich der Embryo leicht herausdrücken. Der Kern ist überaus fettreich.

Die Steinschale besteht fast nur aus Sklereiden. In der Peri-

pherie verlaufen starke Gefässbündel mit Spiroiden und porösen gestreckten Elementen (Fig. 205, b). Auch die Sklereiden des peripheren Gebietes sind grösstentheils längsgestreckt und auch zumeist nach

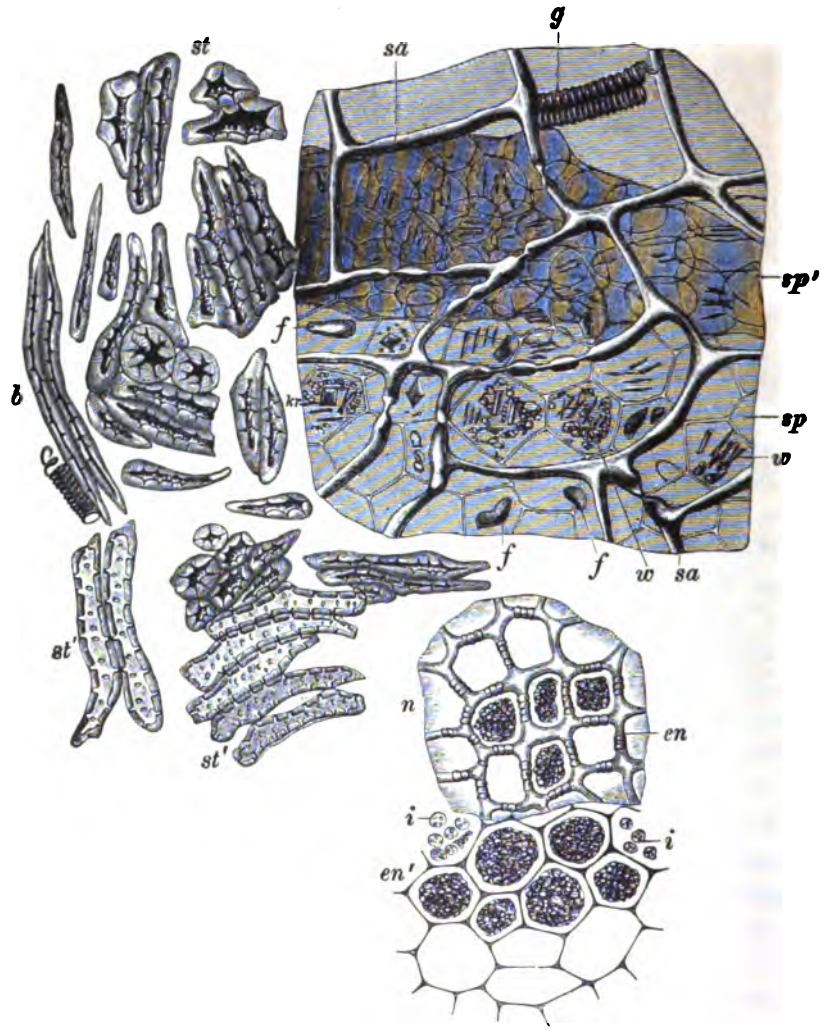


Fig. 205. Olivenkernmehl. st Sklereiden des Endokarps, st' solche aus der innersten Schicht, b eine Spiroide mit Sklerenchymfasern, sa Oberhaut der Samenschale mit darunterliegendem Parenchym sp und sp', w, kr verschiedene Krystalle, g Spiroiden, en periphere Schicht des Endosperms, en' eine innere Schicht desselben, i Aleuronkörner.

der langen Axe der Steinschale orientirt; solche längsgestreckte, nebst rundlichen, polyedrisch-gerundeten und eiförmigen, überhaupt sehr mannigfaltig gestalteten Steinzellen setzen die 2—3 mm dicke

Steinschale zusammen. Im Pulver bildet die verkleinerte Steinschale harte, gelbliche Partikel, die erst nach längerer Behandlung mit heissem Kali in ihre Elemente, die Steinzellen, zerlegt werden können. Alle Steinzellen sind stark verdickt, reich getüpfelt, geschichtet, verholzt, in Wasser farblos; in den innersten Schichten des Endokarps sind sie flach, weniger verdickt, grosslumig.

Die Samenhaut besitzt eine Epidermis und ein Parenchym, in dem die Gefässbündel verlaufen (Fig. 205 und 206). Die Oberhautzellen sind durch ihre Grösse und mächtige Aussenwand (Fig. 205, 206, sa) sehr auffällig; ihre Contouren sind unregelmässig polygonal, meist viereckig,

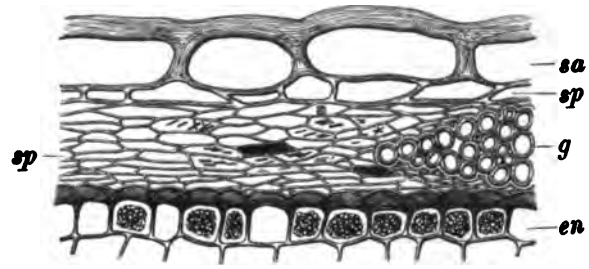


Fig. 206. Querschnitt durch die Olivensamenschale. sa Oberhaut, sp Parenchym, g Gefässbündel, en Endosperm.

die radialen Seitenwände mit breiten Tüpfeln versehen (Fig. 205, sa); die unmittelbar darauffolgenden Parenchymzellreihen enthalten noch ziemlich grosse und deutlich contourirte Elemente (sp und sp [1]). Die tieferen Schichten sind aus dünnwandig zusammengepressten, in der Flächenansicht rundlich erscheinenden Zellen zusammengesetzt. Das ganze Gewebe ist reichlich mit Raphiden, wetzstein- und stäbchenartigen Krystallen (Fettsäurekrystallen?) erfüllt, mitunter werden auch oktaëderähnliche Gestalten aufgefunden. Die Gefässbündel führen Spiroiden.

Das Endosperm setzt sich aus polyedrischen dünnwandigen farblosen Zellen zusammen. Die erste peripherische Schicht ist auf der Aussenseite stark verdickt, die Seitenwände sind getüpfelt (Fig. 205, en). Als Inhalt findet man Oelplasma und Aleuronkörner, die zwei oder mehrere Globoide einschliessen.

Die Gewebe der Samenschale und des Kernes sind für die mikroskopische Determination deshalb von geringem Werthe, weil sie nicht gar leicht in Gemischen aufzufinden sind; dagegen stellen die Sklereiden der Steinschale die wahren Leitelemente des Olivenkernmehles vor; insbesondere jene typischen Formen, die sich als längsgestreckte Stäbe, schmale Spindeln und gekrümmte,

an einem Ende breit abgerundete, am anderen fast spitz zulaufende Körper (Fig. 205) präsentiren; sie sind bis 100 μ lang. Auch die flachen porösen sklerosirten Elemente aus der Innenseite der Schale sind gute Kennzeichen.

5.—7. Oelkuchen von Compositen-Früchten[1]).

Hieher gehören der Niger-, der Madia- und der Sonnenblumenkuchen.

5. Der Nigerkuchen (Nigger-, Gingelli-, Ramtillkuchen) stammt von den Früchten der in Abyssinien und in verschiedenen Gegenden Ostindiens im grossen gebauten Guizotia abyssinica (L) Cass. (= G. oleifera DC.). Die hellbraunen bis glänzendschwarzen, 4—5 mm langen, drei- oder vierkantigen Früchtchen enthalten 43 Procent Fett. Die Kuchen sind schwärzlich und ziemlich weich. Die mikroskopische Bestimmung unterliegt gar keiner Schwierigkeit. Unter der aus gestreckten, an den Radialwänden getüpfelten cuticularisirten Zellen bestehenden Oberhaut des Perikarps liegt eine charakteristisch gebaute Pigmentschicht; die Pigmentzellen (Fig. 207, Pi) sind rectangulär, in der Richtung der Fruchtlängsaxe gestreckt, besitzen helle Wände und einen gelbbraunen ziemlich dichten Inhalt, der auf Gerbstoff reagirt. Im Querschnitt zeigen diese Zellen eine auffallende Aehnlichkeit mit den Spulenzellen der Leguminosensamenschale.

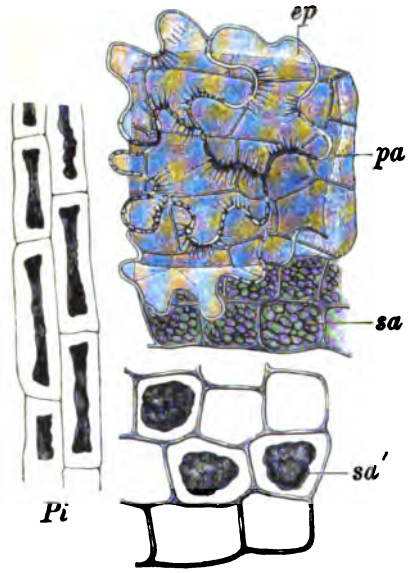


Fig. 207. Nigerkuchen (Guizotia abyssinica). Pi Pigmentzellen, ep und pa Samenschale, sa Gewebe der Keimblätter in Wasser, sa' dasselbe nach Behandlung mit alkoholischer Kalilauge.

Wie die meisten Compositenfrüchte führt das Perikarp eine mächtige Hartschicht, die aus Bündeln stark verdickter, mit linksschiefen Spaltentüpfeln versehener Sklerenchymfasern zusammengesetzt ist; die Bündel sind durch parenchymatische Zwischenlagen,

[1]) Autor in Realencyklopädie, Band VII (1889) S. 415, 416, 418. — R. Pfister, Oelliefernde Compositenfrüchte. Landwirthsch. Versuchsstat. 1893, XLIII, S. 441. — Abbildung bei König l. c. Fig. 81, 82.

die an die Markstrahlen des Holzes erinnern, von einander getrennt. Zwischen der Pigment- und der Hartschicht liegt eine braune bis schwarze Pigmentplatte, die auch isolirt im Oelkuchen in Gestalt eines schwarzen, häufig gezahnten Stranges beobachtet werden kann. Die Zähne sind die Hervorragungen, die sich in die durch die Bündelaussenseite geschaffenen Vertiefungen einfügen. Die Bedeutung dieser Pigmentplatte ist noch nicht sicher aufgeklärt. Dem Anscheine nach ist das Pigment, das gegen Kali, Chromsäure, Schwefelsäure sich indifferent verhält, zwischen den beiden Schichten, also intercellular gelagert, was nach Pfister (l. c.) besonders bei Carthamus (Saflor) klar hervortritt, wo es sich „zwischen zwei sklerenchymatischen Schichten befindet und die Lücken der Zellen genau ausfüllt".

Die Sklerenchymfaserbündel sind im Oelkuchen fast immer noch ungetheilt erhalten und mit Theilen der Pigmentplatte bedeckt, was ihnen ein schildpattartiges Aussehen gibt (Benecke, König). Diese so beschaffenen Bündel sind die Leitelemente des Nigerkuchen.

Den Abschluss des Perikarps bildet ein dünnes aus zusammengesetzten Zellen bestehendes Parenchym. Die dünne Samenschale (Fig. 207, ep) gibt mit ihren wellig-gebuchteten, zartstrichelig- oder rosenkranzartig verdickten Oberhautzellen, unter denen ein collabirtes Parenchym liegt, ebenfalls ein gutes Kennzeichen des Nigerkuchen. Eine Reihe in der Fläche quadratischer Zellen stellt einen Endospermrest dar; das Gewebe der eingefalteten Keimblätter enthält in dünnwandigen Zellen Oelplasma und Aleuronkörner; nach Behandlung mit alkoholischer Kalilauge und gelindem Erwärmen findet man häufig den Zellinhalt zu Ballen contrahirt (Fig. 207, sa').

6. Der Madiakuchen (Melosa-, Madikuchen) wird von den Früchten der in Chile und Californien bis Oregon wachsenden Madia sativa Mol. gewonnen. Die Pflanze wurde auch in Europa (z. B. um Baden bei Wien) angebaut, aber wie es scheint, ohne besonderen Erfolg. Der mikroskopische Bau ist ähnlich dem der Nigerfrüchte, nur sind die Oberhautzellen der Samenhaut nicht wellig gebuchtet. Die Sklerenchymfaserbündel sind durch Parenchymzüge mit stark porösen Wänden geschieden.

7. Sonnenblumenkuchen[1]), von den Früchten des Helianthus annuus L. Die Sonnenblume wird zur Gewinnung des Saatgutes hauptsächlich in Ungarn, Italien und Russland cultivirt. Die Früchte

[1]) Th. Kosutany, Ueber Sonnenblumenkuchen, Landwirthsch. Versuchsstat. 1893, XLIII, S. 253—263. Die Früchte werden von dem Verfasser als Samen, das Perikarp als Samenschale bezeichnet.

besitzen ein sprödes, leicht der Länge nach spaltbares Perikarp. Der Verarbeitung der Früchte auf das Oel geht die Entfernung des Perikarps voraus, die nach Kosutany (l. c. S. 759) nach zwei Methoden erfolgt. Die trockenen Früchte werden durch Aufschütten auf einen gewöhnlichen Mühlgang von den Schalen befreit. Um dies leichter zu erreichen, muss der Laufstein möglichst scharf und der Unterstein aus einer Mischung von Thon und Schweinehaaren oder aus Kork hergestellt sein. Die Hülsen werden durch einen auf einer Transmission sitzenden Windflügel weggeblasen. Von der Mühle kommen die Samen auf ein Sortirsieb, durch welches die enthülsten Kerne durchfallen und so von den nicht enthülsten, welche abermals auf den Mühlgang kommen, getrennt werden. Nach der zweiten Methode werden die Früchte durch Walzen zerquetscht und durch Siebe von den Schalen befreit.

Die geschälten Kerne werden durch einen Kollergang oder durch Walzen zerkleinert, in Wärmevorrichtungen erwärmt und ausgepresst. Das Sonnenblumenöl dient als Speiseöl (Fastenöl für die Anhänger der griechischen Kirche). Die ungarischen Kuchen kommen von Budapest und Maria Theresiopel in den Handel; ferner gibt es russische, italienische und ostindische Provenienzen.

Der mikroskopische Bau[1]) ist von dem der vorher angeführten Früchte wenig verschieden. Die Fruchtschale besitzt eine grosszellige, ziemlich derbwandige, an den Seitenwänden getüpfelte Oberhaut ohne Spaltöffnungen, jedoch mit zahlreichen Haaren, die an der Fruchtbasis noch grösstentheils erhalten, sonst meist abgebrochen sind. Die Haare sind einzellig, dünnwandig, oft bis 500 μ lang, schwertförmig und stets paarweise entwickelt. Das Pigment der dunkelgestreiften oder schwarzen Früchte ist in der Oberhaut und in den darunter liegenden Schichten enthalten. Unter der Oberhaut liegt ein mehrreihiges Parenchym mit dicht feingrubigen, in der Flächenansicht chagrinirten Zellen. Die Hartschicht besteht aus faserartigen stark verdickten und porösen Sklereiden, die wieder zu Bündel vereinigt sind; zwischen diesen ziehen markstrahlähnliche Parenchymzellreihen; an der Innengrenze der Sklereidenbündel liegen kleine Gefässbündel. Die Innenseite der Fruchtschale wird von einem zarten lückigen Parenchym gebildet, das durch eine dünne Oberhaut abgeschlossen ist. Die Samenhaut lässt sich als zarte, glashelle Membran leicht

[1]) Gregor Kraus, Ueber den Bau trockener Perikarpien. Inaug.-Diss. Leipzig 1866, S. 62. — J. Moeller, Mikroskopie etc., S. 175.

abziehen; sie besteht aus zwei Schichten; an der Innenseite liegt die Aleuronschicht in bekannter Ausbildung, der Rest des Endosperms. Die Keimblätter sind bifacial gebaut, besitzen eine doppelte bis dreifache Palissadenschicht und enthalten Oelplasma und Aleuron.

Für die Charakterisirung des Sonnenblumenkuchens sind insbesondere die Faserbündel und die Oberhaut mit den gepaarten einzelligen Haaren massgebend.

8. Sesamkuchen[1]).

Die Samen von Sesamum indicum (L) DC. liefern nicht nur ein vorzügliches Speiseöl, sondern auch vortreffliche Oelkuchen. Gegenwärtig kommen auch die Samen einer afrikanischen Art, Sesamum radiatum Schum. et Thonn. (= S. occidentale Heer et Regel) in den Handel und häufig trifft man beide Samenarten in der Waare. Benecke[2]) unterscheidet Sesamkuchen aus doppelhülsiger Saat und gewöhnlichen Sesamkuchen und meinte, dass beide von S. indicum herrührten, bei ersterem aber noch die Fruchthüllen (?) vorhanden seien. In einer später erschienenen Abhandlung über den Sesam[3]) stellt er jedoch fest, dass der erstgenannte Kuchen von S. radiatum stamme, und als dickschaliger Sesamkuchen zu bezeichnen sei[4]). Wir werden sehen, wieso sich diese Bezeichnung rechtfertigen lässt.

Die Samen von Sesamum indicum sind weisslich, hellgelb, bräunlich, bei der Form S. orientale L. röthlich bis schwarz, eiförmig, stark abgeflacht, im Mittel 3 mm lang, 2 mm breit und 1 mm dick; ein besonderes Kennzeichen bietet der Rand der beiden Breitflächen, da er mit einer zarten hervorragenden Leiste versehen ist, welche vom Nabel anhebt und auf der stärker abgeplatteten Seite stärker ausgeprägt ist; ist eine Breitfläche gewölbt, so fehlt dieser die Leiste. Am spitzen Ende liegt der Nabel als eine schwach wulstige Erhabenheit. Der Same besteht aus der dünnen Schale, einem zarten Häutchen (Endosperm) und aus dem grossen mit zwei flachen Keimblättern versehenen Keim.

---

[1]) Flückiger, Zur Kenntniss des Sesamsamens. Schweiz. Wochenschr. f. Pharmac. 1865, Nr. 37, S. 282 ff. — A. Hedebrand, Ueber den Sesam. Landwirthsch. Versuchsstat. 1899, LI, S. 45ff. — Ueber Sesam vergl. auch Wiesner's Rohstoffe, 2. Aufl., Band II, Abth. Samen.

[2]) Anleitung zur mikroskop. Untersuchung der Kraftfuttermittel, Berlin 1886, S. 57.

[3]) Die verschiedenen Sesamarten und Sesamkuchen des Handels. Pharmac. Centralhalle 1887, VIII, S. 545.

[4]) Vergl. dazu Hedebrand, l. c. S. 63.

Die Samenschale ist sehr einfach gebaut und durch eine eigenthümliche Art des Vorkommens von Calciumoxalat ausgezeichnet. Die äusserste Zellreihe vereinigt in sich die Eigenschaften der Epidermis, der Krystall- und Pigmentschicht. Sie wird von

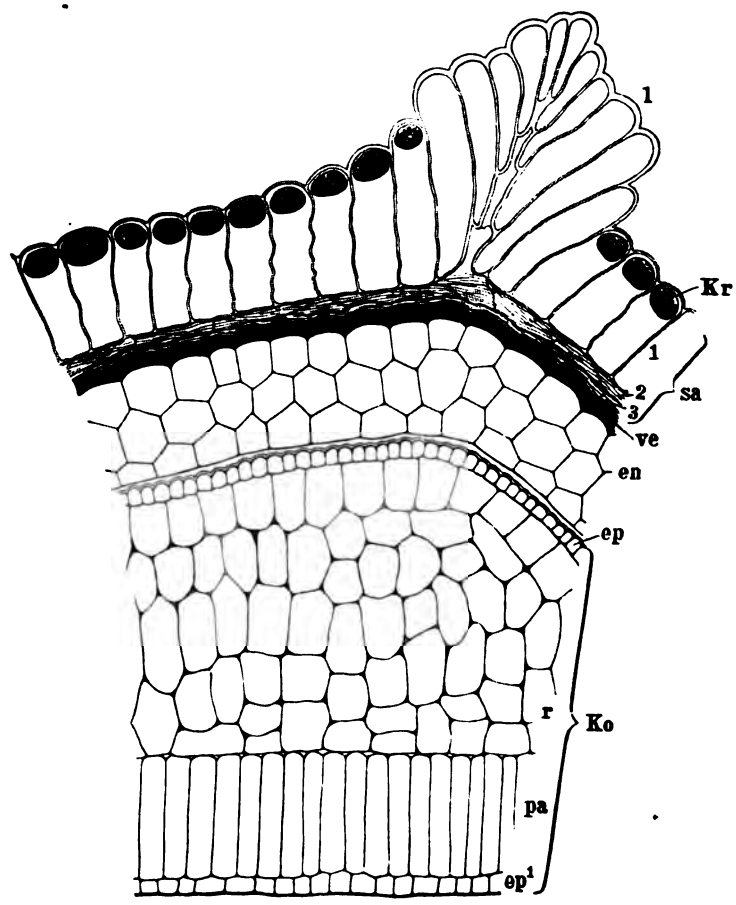


Fig. 208. Sesamum indicum, weisser Same. Partie eines Querschnittes in der Leistengegend. sa Samenschale: 1 Palissadenschicht, Kr Calciumoxalatdrusen, 1 Leiste, 2 einreihiges Parenchym, 3 obliterirtes Gewebe (in Chlorzinkjod gelb); en Endosperm: ve stark verdickte Aussenmembran der ersten Zellreihe, der dicke Strich die gut entwickelte Cuticula; Ko Keimblatt: ep Epidermis der Aussen-, ep' solche der Innenseite, pa Palissadenparenchym, r typisches Parenchym. — Vergrösserung 350.

(in allen Theilen) dünnwandigen unverholzten Palissadenzellen (Fig. 208, 209, 1) gebildet, die im Querschnitt rechteckig, in der Fläche polygonal und an der freien Aussenfläche fast kugelig gewölbt sind; im trockenen Zustand sind die Zellen geschrumpft, die Seitenwände gefaltet, in Wasser dagegen strecken sie sich, doch zeigen die Seiten-

wände noch häufig eine leichte wellenförmige Krümmung; jede Zelle führt eine dem Aussenrande fest anliegende runde, 13—49 μ im Durchmesser haltende, mit Linien gezeichnete Calciumoxalatmasse (Kr), die im Innern einen strahligen Bau besitzt. Diese Oxalatdrusen sind auch die Ursache der zart gekörnelten Beschaffenheit der Schalenoberfläche. Die dunkelgefärbten Schalen besitzen ausserdem noch ein das übrige Lumen ausfüllendes schwarzes Pigment. Die oben angeführte Leiste wird von dünnwandigen Palissaden gebildet, die aber nicht neben einander stehen, sondern emporgehoben und so angeordnet sind, wie die Strahlen der Fahne einer Feder (Fig. 208, 1).

Unter der Oberhaut liegt ein zusammengepresstes Parenchym, das aus ziemlich grossen sehr dünnwandigen unregelmässigen, Büschel von Oxalatnadeln enthaltenden Zellen besteht (Fig. 208, 209, 2). Dieser Parenchymschicht liegt ein sehr zartes Häutchen, der Rest des Nucellus (?) an. Um die einzelnen Gewebe deutlich zu sehen, entfettet man einen Querschnitt mit Aether und Alkohol, bringt ihn in Kalilauge, erhitzt, wäscht mit Wasser gut aus, saugt dieses mit Fliesspapier ab und bringt nun Chlorzinkjod hinzu. Die Palissaden- und Parenchymschicht erscheinen violett, das zarte Häutchen hebt sich als hellgelber glänzender Streifen ab (Fig. 208, 209, 3) und eine darunter liegende gelbbraune Linie wird sichtbar; diese ist die Cuticula des nun folgenden Endosperms. Letzteres setzt sich aus drei (selten vier) Reihen grosser polyedrischer, mit Fett und Aleuron erfüllter Zellen zusammen; die äusserste Zellreihe hat eine starke Aussenwand (Fig. 208, ve); die Zellen sind getüpfelt.

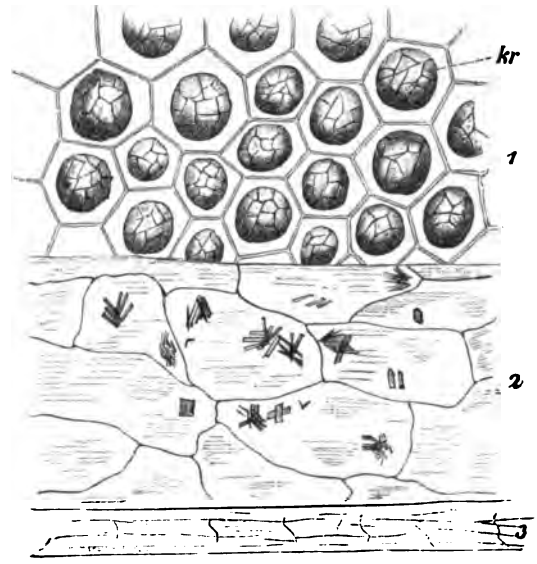


Fig. 209. Sesamum indicum, weisser Same. Die Schichten der Samenschale von der Fläche gesehen. 1 Palissadenschicht, kr Calciumoxalatdrusen, 2 einreihiges Parenchym mit Plättchen und Nadeln von Calciumoxalat, 3 obliterirtes Gewebe. Vergrösserung 450.

Die Keimblätter (Fig. 208, Ko) sind nach dem bifacialen Typus gebaut, besitzen eine kleinzellige Epidermis (ep, ep′), ein hohes Palissaden- und ein gewöhnliches Parenchym (pa, r). Jedes Keimblatt ist von drei bis fünf sehr zarten Procambiumsträngen durchzogen. Endosperm und Keimblätter enthalten grosse Mengen Fett und Aleuron. Die Aleuronkörner (Fig. 210) sind — in Terpentinöl betrachtet — rundlich oder eirund, farblos, bis 10 μ gross und schliessen entweder ein Krystalloid (K) (mit quadratischer Grundfläche) oder ein rundliches Globoid (gl) ein, das an einem Pole des Kernes sitzt.

Fig. 210. Sesamum indicum. Eine Zelle aus dem Endosperm in Terpentinöl mit den Aleuronkörnern und deren Einschlüssen. k Krystalloide, gl Globoide. Vergrösserung 600.

Der Same von Sesamum radiatum gleicht in Gestalt und Grösse dem von S. indicum, nur sind die Leisten stärker ausgeprägt und die Oberfläche der Breitseiten zeigt zahlreiche von den Leisten beginnende, radial laufende Runzeln oder Falten, die entweder wieder verstreichen oder bei besonders guter Ausbildung sich in der Mitte der Breitfläche zu einem Netz vereinigen. Das sicherste Merkmal, diese Samenart zu erkennen, ist die Palissadenschicht. Auch hier besteht sie aus senkrecht zur Oberfläche der Schale stehenden sechsseitig-prismatischen Zellen (Fig. 211, 1), die aber in ihrem Fusstheile etwa bis zum Dritttheil ihrer Höhe stark und in der Weise sklerosirt sind, dass die gemeinsame Membran zweier aneinanderstossender Zellen in diesem Theile eine breite Spindelform erhält, oder wenn das verdickte Stück sehr kurz ist, einem stumpfen Kegel gleicht. Von der Spitze dieser gelbgefärbten und stark verholzten Spindel setzt sich die Zellwand im unverholzten und nicht verdickten Zustande fort und schliesst mit einer ebenso beschaffenen cuticularisirten Aussenwand ab. Diesem Baue der Palissadenzelle entsprechend muss die Flächenansicht je nach der Höhe der Einstellung verschiedene Bilder ergeben: Bei der höchsten Einstellung gewahrt man dünnwandige Polygone, bei niederer eine dicke gelbgefärbte geschichtete Zellmembran mit einem runden, nach unten sich wieder erweiternden

Fig. 211. Sesamum radiatum, grünlich brauner Same. Partie eines Querschnittes durch die Samenschale. Bezeichnung wie Fig. 208. Vergrösserung 350.

Lumen (Fig. 212). Ein weiteres Kennzeichen ist die entgegengesetzte Lagerung der Calciumoxalatdrusen. Diese befinden sich nicht, wie bei S. indicum an der Aussenwand, sondern in dem sklerosirten Fusstheile, das Lumen daselbst vollständig ausfüllend. Der übrige von der Cellulosemembran umkleidete Theil des Zelllumens ist bei weissen Samen leer, bei schwarzen dicht mit Pigment erfüllt; es wird daher begreiflich sein müssen, warum man an Flächenstücken der Schale von schwarzen Radiatumsamen keine Oxalatdrusen, sondern eine schwarze undurchsichtige Masse wahrnimmt und erst nach Kochen in Wasser die Drusen hervortreten sieht.

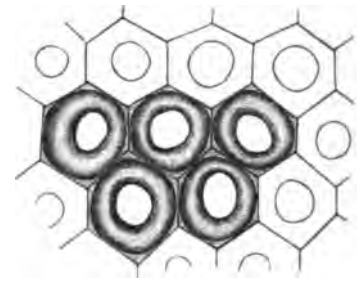


Fig. 212. Sesamum radiatum. Die Palissadenschicht der Samenschale von der Fläche gesehen, in Combination einer hohen mit einer tiefen Einstellung. Vergrösserung 450.

Bekanntlich lässt sich das Sesamöl durch die Baudouin'sche Reaction, die von Villavecchia und Fabris modificirt worden ist, nachweisen [1]). Auch mikrochemisch lässt sich dieselbe anwenden. Wird ein Querschnitt des Kernes mit Salzsäure und alkoholischer Furfurollösung [2]) behandelt, so werden Embryo- und Keimblattgewebe schön rosenroth. Der Träger dieser Reaction ist ein Bestandtheil des Sesamöles und wird von Benedikt als ein Harz bezeichnet; er ist geruchlos, in Alkohol, Aether und Eisessig leicht löslich, in Wasser und Mineralsäuren unlöslich.

---

[1]) Die Reaction wird nach dem „deutschen Margaringesetz" folgendermassen vorgenommen. „Wird ein Gemisch von 0,5 Rth. Sesamöl und 99,5 Rth. Baumwollsamenöl oder Erdnussöl mit 100 Rth. rauchender Salzsäure vom spec. Gew. 1,19 und einigen Tropfen einer 2proc. alkoholischen Lösung von Furfurol geschüttelt, so muss die unter der Oelschichte sich absetzende Salzsäure eine deutliche Rothfärbung annehmen. Das zu dieser Reaction dienende Furfurol muss farblos sein. (Vergl. Vierteljahrber. in Apoth.-Ztg., Berlin 1897, S. 475.)

[2]) Furfurol (furfur = Kleie, oleum = Oel) ist der Aldehyd der Pyro- oder Brenzschleimsäure und bildet sich bei der trockenen Destillation des Zuckers oder wenn man 1 Th. Kleie, 1 Th. concentr. Schwefelsäure und 3 Th. Wasser destillirt. Furfurol, $C_5H_4O_2$ (= C_4H_3O . COH) ist eine nach Bittermandelöl und Zimmtöl riechende, in Wasser lösliche Flüssigkeit. — Molisch'sche Zuckerreaction (s. S. 115) beruht auf der Entstehung von Furfurol aus Kohlehydraten bei Einwirkung von concentr. Schwefelsäure, ebenso die sog. Fichtenspanreaction (Anfeuchten des Spanes mit Salzsäure und dann Benetzen mit Carbolsäure, worauf der Span, dem Sonnenlicht ausgesetzt, blau wird), die also nicht zum Nachweis von Phenol dienen kann.

9. Leinsamenmehl und Leinkuchen.

Im Handel tritt diese Waare in zweifacher Gestalt auf, entweder als nicht entfettetes Leinsamenmehl, das unter Anderem als Heilmittel verwendet wird, oder entfettet als Mehl und Kuchen. Diese werden wohl nur ausnahmsweise als gewöhnliche Mastfuttermittel dienen können, weil sie ziemlich kostspielig sind; sie besitzen bekanntlich eine schätzenswerthe diätetische Wirkung vermöge ihres Schleimgehaltes und eignen sich daher besonders zur Fütterung von Jung- und Zuchtvieh.

Die Leinsamen sind häufig und in verschiedenem Maasse verunreinigt. Die preussische (Königsberger) Waare enthält viel Grasfrüchte, Rapssamen, Staub, liefert wenig Oel und schlechte Leinkuchen. Das Gleiche gilt von den nord- und südamerikanischen Sorten, während die indischen, vor allem aber die russischen Provenienzen den übrigen voranstehen. Die südrussischen Leinsamen liefern 30 Procent Oel und die proteïnreichsten Kuchen. Nach Haselhoff und van Pesch[1]) finden sich fast in jedem Leinsamen Raps, Rübsen, Hederich, Senf, Leindotter, Gramineentheile, ferner hin und wieder Wegerich, Hanf und Kornrade, Winde, Knöterich, Spörgel, Kleehülsen, Kleeseide. Leinkuchen werden auch häufig verfälscht.

Die Gewinnung des Leinöls[2]) wird nach vier Methoden vorgenommen. Die ursprüngliche Gewinnungsart mittelst Stampfen wird als irrationell nicht mehr geübt; die zweite Methode verwendet Pressen nach Neusser bezw. französischem System, wobei der ungereinigte Same zwischen Hartgusswalzen gepresst, in einem Kollergang mit Wasser zerkleinert, in einem Wärmer (einem eisernen Becken mit Rührwerk, durch unterliegendes Feuer oder bei doppelten Wandungen mit Dampf) stark erwärmt und in Kammgarntüchern ausgepresst wird; die Kuchen der ersten Pressung werden wieder zerkleinert, erwärmt und abermals ausgepresst. Die Kuchen der zweiten Pressung mit 7—9 Procent Oel sind die Leinkuchen des Handels. Nach der dritten Methode, die sich amerikanischer resp. englisch-amerikanischer Pressen bedient, kommt der mit Walzen zerrissene Leinsame sofort in den Wärmer, in welchen überhitzter Wasserdampf eingeleitet wird; dadurch wird der Same verbrüht, wird heller und geruchlos; es lässt sich ein

[1]) Haselhoff, Ueber die Fabrikation und Beschaffenheit des Leinkuchens bezw. des Leinmehles. Landwirthsch. Versuchsstat. 1892, XLI, S. 54—72. — F. J. van Pesch, Ueber Fabrikation, Verunreinigungen von Leinkuchen und deren Nachweis, l. c. S. 73—93.

[2]) Haselhoff, l. c. S. 58.

sehr fester Kuchen herstellen. Die vierte Gewinnungsweise beruht auf der Extraction mit Benzin: die durch Stahlwalzen zerkleinerten Samen kommen in einen hermetisch verschliessbaren Eisenkasten und werden mit Benzin überdeckt. Das mit Oel beladene Benzin wird mit einem Heber entfernt.

Die Art der Gewinnung übt einen erheblichen Einfluss auf die Güte der Kuchen aus; doch ist darüber noch wenig bekannt.

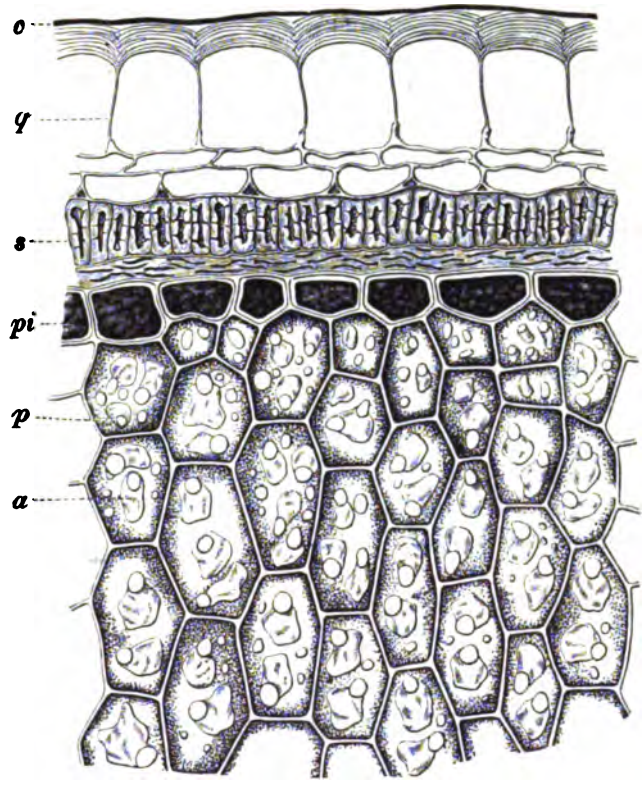


Fig. 213. Querschnitt durch den Rand des Leinsamens (Tschirch). q Quellschicht (Oberhaut) gequollen, c Cuticula, s Sklereidenschicht, pi Pigmentzellen, p Protoplasma und Oel, a Aleuron.

Der mikroskopische Nachweis[1]) des Leinsamenmehles ist verhältnissmässig leicht, bedarf aber einer sorgfältigen Durchführung. Die flacheiförmigen Leinsamen besitzen eine braune (die indische

[1]) Kobus, Landwirthsch. Jahrbücher 1884, S. 120 ff. — Jules van den Berghe, Tourteaux et farine de Lin, composition, impuretés, falsifications. Brüssel (cit. von van Pesch, l. c. S. 79); ferner Wiesner, Rohstoffe, 2. Aufl. II. Band, Abth. Samen; daselbst weitere Literatur.

Form eine gelblichweisse) Samenschale, ein dünnes Keimnährgewebe (Endosperm) und einen geraden Keim mit zwei Keimblättern. Das farblose zartzellige Gewebe der Keimblätter und das aus derbwandigen Zellen bestehende des Endosperms enthalten reichlich Oelplasma und Aleuronkörner, die deutliche Krystalloide einschliessen. Wenn nun auch diese nicht weiter charakteristischen Gewebe die Hauptmasse des Mehles und Kuchens ausmachen, so lässt sich das Product doch an den Elementen der Samenschale leicht und sicher erkennen. Die Samenschale besteht aus fünf Schichten. Eine (an der Aussen- und an den Seitenwänden der Zellen) verschleimte Oberhaut (Fig. 213, q) deckt eine Parenchymschicht, deren rundliche oder gerundet-polyedrische Zellen eine derbe gelbliche Membran besitzen. Darauf folgt eine einreihige Schicht von faserartigen, reich getüpfelten, verdickten und verholzten Elementen (Fig. 213, s), die im Sinne der Samenlängsaxe gestreckt sind und sich mit der folgenden Querzellenschicht (mit dünnen Zellwänden) kreuzen. Als letzte Schicht tritt eine Reihe von Pigmentzellen auf, welche in der Fläche gesehen polygonalen Tafeln gleichen, helle, derbe und getüpfelte Wände und einen fast undurchsichtigen, homogenen, festen, rothbraunen Inhalt besitzen (Fig. 213, pi). Sowohl die Pigmentzellen, als auch die aus ihnen herausgefallenen, die Umrisse des Zelllumens zeigenden Pigmentkörper finden sich überall im Leinkuchen vor und bilden nebst den Faserbündeln und der Schleimepidermis die wichtigsten Leitelemente des Leinkuchens.

10. Erdnusskuchen.

Die strohgelben, walzenrunden, meist eingeschnürten Früchte (Hülsen) der Erdnuss, Arachis hypogaea L., reifen in der Erde und enthalten einen bis drei Samen. Die Samen sind länglich-cylindrisch oder länglich-eiförmig, an einem Ende schief und kurz geschnäbelt, am anderen gewölbt oder schief abgeflacht, besitzen eine dünne kupferrothe, bräunliche oder violett-braune Schale und einen weissen Kern (Keim).

In den Handel kommen sowohl die Früchte[1]) als auch die „geschälten" Samen; letztere vom Congo, von Loango, Mozambique, Zanzibar und der Koromandelküste; ein besseres Product liefern die

[1]) Unter verschiedenen Namen: Erdeicheln, Mani-, Mandubi-, Aschantinüsse, Mancarra, Pea-, Manila-, Earth-, Groundnut, pistaches de terre.

inländisch geschälten Samen, weil sie, durch die Hülsen geschützt, weniger durch den Transport gelitten haben.

Die Gewinnung des Erdnussöles aus den Früchten geschieht nach Uhlitzsch [1]) folgendermassen. Nachdem die unenthülsten Erdnüsse durch Bürsten etc. gut gereinigt sind, werden sie durch Walzen gebrochen und gelangen auf Schüttelsiebe, auf denen die leichten Hülsentheile fast vollständig beseitigt werden. Beim Brechen und Sieben entfallen auch die meisten „Keime“ (scilicet Würzelchen) und sehr viele braune Samenschalen. Sind die Samen genügend klein gebrochen, so werden sie in die Presscylinder in dünnen Lagen eingeschüttet, und zwar wird jede Schicht durch einen Rosshaardeckel von der nächsten geschieden. Die erste Pressung geschieht nur leicht, die resultirenden Kuchen sind sehr flach, locker und sehr leicht zerreiblich. Die Kuchen erster Pressung werden dann gebrochen und im Kollergang fein gemahlen, wobei ab und zu etwas Wasser zugesetzt wird, und unter Beifügung des durch die Löcher der Presscylinder hindurchgedrückten Mehles. Hierauf erfolgt die zweite Pressung. Handelt es sich um Darstellung von Tafelöl, so werden die feingemahlenen Samen direct in die Presse gebracht und kalt gepresst. Sollen nur Oele zu gewerblicher Verwendung gewonnen werden, so erwärmt man die Samen schon vor der ersten Pressung. Die Pressrückstände sind grauweiss

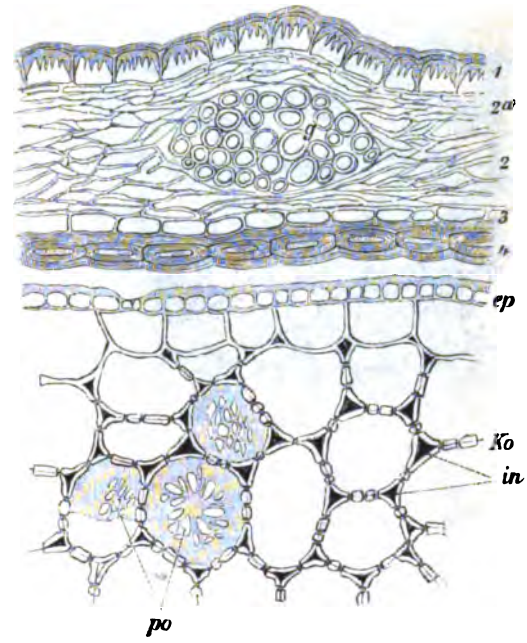


Fig. 214. Arachis hypogaea. Partie eines Querschnittes durch die Samenschale und die äusseren Schichten des Keimblattes. In Javelle'scher Lauge. 1 Epidermis der Aussenseite, 2 Schwammparenchym, 2a äussere Parenchymlage, g Gefässbündel, 3 innere Epidermis der Samenschale, 4 verquellende hyaline Schicht (Nucellarrest, Perisperm), ep Epidermis des Keimblattes, Ko Keimblattzellen, in Intercellularräume, po Poren in der Flächenansicht. Vergrösserung 350.

[1]) P. Uhlitzsch, Rückstände der Erdnussölfabrikation. Landwirthsch. Versuchsstat. 1892, XLI, S. 385—431.

(Hamburg) bis graubraun (Marseille). Gelblich oder graugelb gefärbte Kuchen sind nach Uhlitzsch immer verdächtig, da sie meist von Erdnüssen stammen, die nicht ganz unverdorben und durch Fermentation gelblich geworden sind.

Die besten Kuchen liefern die afrikanischen Erdnüsse (Rufisque und Gambia), sehr gute die italienischen und spanischen Samen, geringere kommen von den indischen. Gute Kuchen sind sehr wohlschmeckend und werden auch von Arbeitern gegessen; sie gehören zu den leichtest verdaulichen und werthvollsten Futtermitteln. Geröstete Erdnüsse werden auch als Kaffeesurrogat (Austriabohnenkaffee) verwendet.

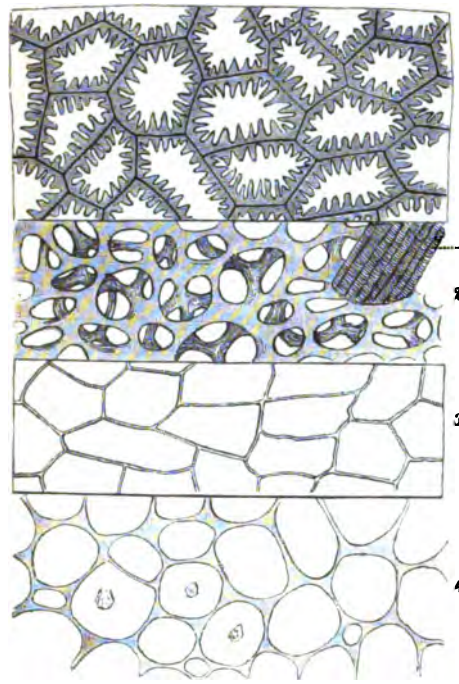


Fig. 215. Arachis hypogaea. Die Schichten d. Samenschale mit dem Nucellarrest, in ihrer Aufeinanderfolge von der Fläche gesehen, nach Behandlung mit Salzsäure und Kalilauge. 1 Epidermis der Aussenseite, 2 Schwammparenchym, 3 innere Epidermis, 4 hyaline Schicht (Nucellarrest). Vergrösserung 400.

Das mikroskopische Verhalten [1]) der Erdnuss ist im Folgenden beschrieben.

Um die einzelnen Schichten der Samenschale am Querschnitte unterscheiden zu können, ist es nöthig, das Präparat mit verdünnter Salzsäure und Kalilauge oder mit Javelle'scher Lauge zu behandeln. Die Oberhaut der Samenschale (Fig. 214 u. 215, 1) besteht aus cuticularisirten, im Querschnitt viereckigen, in der Fläche scharfkantig-polygonalen Tafelzellen, deren Aussen- und Seitenwände stark verdickt, während der unterste Theil der Seitenwände und die Innenwände frei von Verdickung sind. Die Verdickung der Aussenmembran besteht aus zapfenartig in das Innere vorspringenden Leisten, die von der Fläche gesehen

[1]) Literatur s. in Wiesner's Rohstoffe, 2. Aufl., Band II, Abschn. Samen. — Bei der Beschaffung der einschlägigen Literatur hat mich der Direktor der landwirthsch.-chem. Versuchsstat. in Wien, Herr Dr. W. Dafert auf das Freundlichste unterstützt, wofür ich ihm meinen besten Dank ausspreche.

das Lumen wie die Zähne eines Kammes umsäumen und ein höchst charakteristisches, für die Diagnose besonders werthvolles Bild geben. Die Seitenwände erscheinen im Querschnitte dreieckig, indem die Verdickung nach abwärts allmälig abnimmt.

Das Gewebe innerhalb der Epidermis zeigt sich in seiner äussersten Schicht als ein dichter, in den übrigen Theilen als ein lückiger, aus zarten, sehr unregelmässig verlaufenden Linien zusammengesetzter Streifen, der nach innen wieder in eine dichte gelbbraune Schicht übergeht. Der äussere dichtere Streifen ist aus einer wenigreihigen Lage gestreckter Parenchymzellen (Fig. 214, 2a) gebildet; die Hauptmasse des Gewebes aber ist ein typisches, reich durchlüftetes Schwamm-

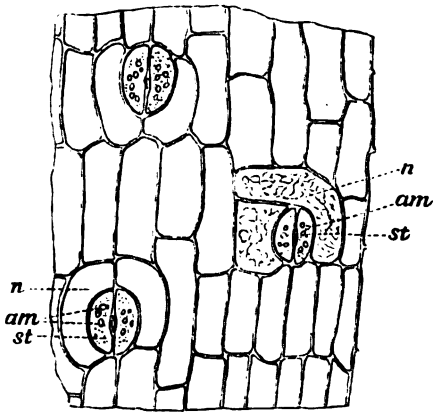


Fig. 216. Arachis hypogaea. Die Epidermis des Keimblattes in der Fläche. st Spaltöffnungs-(Schliess-)zellen, n Nebenzellen, am Stärkekörnchen. Vergrösserung 450.

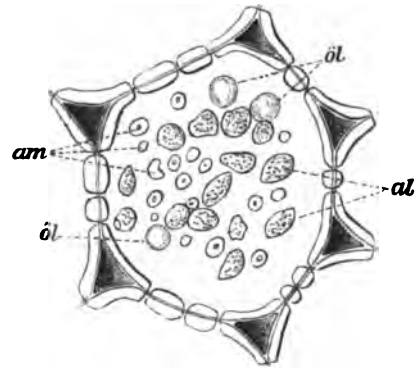


Fig. 217. Arachis hypogaea. Eine Keimblattzelle nach Behandlung (Entfettung) mit Aether in Jodlösung. al Aleuronkörner (mit molecularen Globoiden), am Stärkekörner, öl Oeltropfen. Vergrösserung 700.

parenchym (Fig. 214 u. 215, 2), dessen Zellabgrenzungen an dem reifen Samen nicht mehr deutlich wahrgenommen werden können; eine mit gelbbraunem Inhalt versehene Zellreihe stellt die Innenepidermis dar (Fig. 214 u. 215, 3). Das Schwammparenchym enthält auch die Spiroidenbündel (g).

Der an die Innenepidermis anschliessende hyaline Streifen mit in Kali stark quellenden, geschichteten, farblosen Zellen ist ein Nucellarrest und sonach als Perisperm anzusehen (Fig. 214 u. 215, 4).

Die Keimblätter besitzen eine Oberhaut und ein grosszelliges Parenchym. Die Oberhaut setzt sich aus gestreckten, auf der Aussenseite stark verdickten Zellen (Fig. 214, ep) zusammen und besitzt zahlreiche Spaltöffnungen (mit je zwei Nebenzellen, Fig. 216, st, n). Die

Schliesszellen enthalten kleine Stärkekörnchen. Das Parenchym der Keimblätter ist in der subepidermalen Schicht kleinzellig, in dem übrigen Theile aus grossen rundlich-polyedrischen Zellen (Fig. 214, ko) zusammengesetzt, die nach Entfernung des Inhaltes (mit Javelle'scher Lauge) runde oder elliptische Tüpfel (po) erkennen lassen. Der Inhalt der grossen Speicherzellen (Fig. 217) besteht aus Stärke, Aleuron und Oeltropfen (Oel). Behandelt man einen theilweise entfetteten Schnitt mit Jodlösung, so erscheinen die Stärkekörner blau, die Aleuronkörner goldgelb, die Fetttropfen blassgelb gefärbt. Die Stärkekörner (am) sind kugelig, 3—12 μ gross; die grösseren, mehr eirunden, zeigen einen centralen Kern. Die Aleuronkörner (al) haben eine runde, eiförmige oder ganz unregelmässige Gestalt und treten in zwei Grössen auf: kleine (4—8 μ) und grosse (10—13 μ); letztere enthalten häufig zahlreiche kugelige Globoide.

Wir sehen, dass es wieder die Samenschale ist, deren Gewebe charakteristische Leitelemente zur Erkennung der Erdnusskuchen darbieten. Auch in sorgfältig geschälten Präparaten findet man Samenschalenpartikel reichlich enthalten und kann deren Zugehörigkeit zur Erdnuss leicht feststellen. Von den Geweben des Samenkernes können auch die Parenchymzellen der Keimblätter mit ihren ziemlich grossen, oft im Kreise angeordneten Tüpfeln zur Erkennung beitragen; besonders wichtig erscheint auch noch die Gegenwart der Stärke, die den meisten Oelkuchen fehlt.

11. Raps- und Rübsenkuchen (Oelkuchen schlechtweg)[1].

Rapskuchen liefern die Samen von Brassica Napus L., Rübsenkuchen die von Brassica Rapa L. (Cruciferae). Sie sind häufig mit Hederich (Raphanus Raphanistrum L.), Ackersenf- und schwarzem Senfsamen verunreinigt und dann dem Vieh schädlich. Rührt man die Rückstände mit warmem Wasser an, so tritt beim Erkalten der Masse der Geruch nach Senföl auf, wenn die beiden letztgenannten Samen im Oelkuchen enthalten sind. Gegenwärtig kommen auch ausländische Oelsaaten (indischer Raps) im Oelkuchen vor.

Die Erkennung eines von Cruciferensamen herrührenden Kuchens ist nicht schwierig; die Palissaden- oder Becherzellen der Samenschale, die in der Fläche gesehen scharfkantige Polygone mit kleinem

[1] J. Schröder, Untersuchungen der Samen der Brassica-Arten und Var. Landwirthsch. Versuchsstat. 1871, XIV, S. 179. — Sempolowski, Beiträge zur Kenntniss der Samenschale. Inaug.-Diss., Leipzig 1874, S. 43.

runden Lumen darstellen, sind vortreffliche Leitelemente; dagegen bietet es sehr grosse Schwierigkeiten, Raps, Rübsen, schwarzen Senf (und Leindotter) auseinanderzuhalten. Beim Rapssamen ist das Lumen der Becherzellen so breit oder breiter als die dasselbe umfassenden (doppelten) Wände; beim Rübsen ist das Lumen eng, kreisförmig und viel schmäler als die Zellwände; der schwarze Senf hat kleinere Palissadenzellen als Raps und Rübsen.

Das von Benecke empfohlene Verfahren kann zur Orientirung dienen. „Man bringt einen Kaffeelöffel voll Oelkuchenmehl in eine Porcellanschale, fügt ca. 15 ccm Wasser hinzu, rührt um, giesst ein gleiches Quantum conc. Salzsäure hinzu, rührt wieder um und erhitzt unter stetem Umrühren bis zum Kochen, giesst kaltes Wasser hinzu, filtrirt, wäscht mit Wasser gut aus, bringt den durch Ausdrücken vom Wasser möglichst befreiten Rückstand in eine Porcellanschale, fügt ca. 15 ccm Glycerin hinzu und erhitzt unter langsamem Umrühren."

Das Flächenbild der Palissaden vom Rapssamen zeigt polygonale Zellen, das vom Rübsen ebensolche, deren mehrere zu polygonalen Figuren verbunden sind (die Grübchen der Samenschale bilden auf der Oberfläche eine netzartige Zeichnung), während am schwarzen Senf wohl auch solche Netzzeichnungen zu sehen, aber die Palissadenzellen um die Hälfte kleiner sind.

Ueber Leindotterkuchen von Camelina sativa L. vergl. F. J. van Pesch, Landwirthsch. Versuchs-Stat. 1892, XLI, S. 94 u. 95; über Mikroskopie der Leindottersamen s. Nevinny, Heger's Zeitschr. f. Nahrungsmittelunters., Wien 1887, S. 85.

12. Mohnkuchen.

Die Mohnkuchen stammen von den Samen des Gartenmohnes, Papaver somniferum L. Die Angaben über den Fettgehalt der Kuchen lauten sehr verschieden und die Controverse über den Werth derselben als Thierfuttermittel ist noch nicht abgeschlossen. Da sie aber nach Sacc frei von Mohnalkaloiden sind, mindestens 30 Procent Proteïn und im Mittel 9 Procent Fett enthalten, so scheinen sie wohl zur Fütterung geeignet zu sein.

Sowohl im Mohnkuchen wie im Mohnsamenmehle findet man mehr oder weniger unversehrte Samen oder gut erkennbare Bruchstücke derselben, die sich (unter der Lupe) an der nierenförmigen Gestalt und der sehr zierlichen, ziemlich regelmässigen Netzrunzelung als den Mohnsamen angehörig bestimmen lassen. Die Oberfläche ist gelblich-

weiss, graublau oder schwärzlichblau; die Länge beträgt 1—1,5 mm, das durchschnittliche Gewicht von 200 Samen 0,1 g. In der Mitte der eingebuchteten Seite liegt der etwas erhabene Nabel, gegen das breite Ende zeigt sich eine gelbliche Erhöhung, die Chalaza. Die dünne Samenschale umhüllt ein weisses, fettreiches Nährgewebe, in dessen Mitte der im Sinne der Samenaxe gekrümmte, fast cylindrische, zur Hälfte aus dem Würzelchen, zur anderen aus den beiden nicht viel dickeren Keimblättern gebildete Keim liegt.

Die mikroskopische Untersuchung[1]) der Mohnsamen, insbesondere der Samenschale, bietet nicht unbedeutende Schwierigkeiten, welche

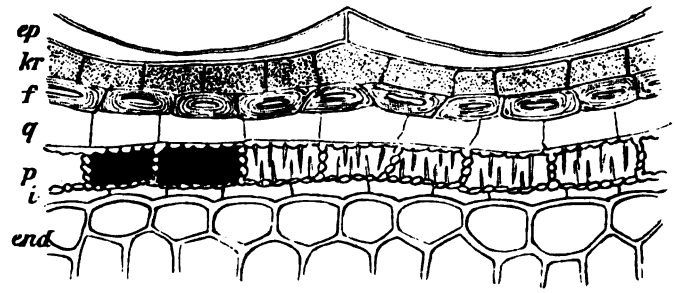


Fig. 218. Partie eines Querschnittes der Samenschale des Mohnsamens. ep Epidermis, kr Krystallsandzellen, F Faserschicht, q einreihiges Parenchym (Vogl's Querzellen), p Pigmentschicht (in zwei Zellen das opace Pigment eingezeichnet), i innerste Zellreihe der Samenschale, end Endosperm. Vergrösserung 400.

in der Kleinheit des Objectes und in der Schrumpfung der Samenhautschichten gelegen sind.

Die Epidermis der Samenschale besteht aus sehr grossen, von der Fläche gesehen polygonalen, meist sechsseitigen Tafelzellen (Fig. 218, 219, ep), deren Seitenwände breit und dick sind und nach dem Einsinken der flachen Aussenwand als jene erhabenen Rippen hervortreten, welche an dem Mohnsamen das oberflächliche Maschennetz erzeugen.

Die zweite Schicht der Samenschale, die Krystallzellen- oder Oxalatschicht (Fig. 218 u. 219, kr) enthält eine Reihe sehr dünnwandiger Parenchymzellen, die dicht mit Calciumoxalat-Sand erfüllt sind. Lässt man in Flächenpräparaten den Inhalt durch gelindes Quetschen des Deckglases austreten und sich verbreiten, so beobachtet man auch grössere, rhomboëderähnliche Krystalle.

Die dritte Schicht (Fig. 218 u. 219, f) setzt sich aus Faserzellen mit am Querschnitte spaltenförmigem Lumen zusammen; die

[1]) Ausführliches und Literatur s. Wiesner's Rohstoffe, Band II, Abth. Samen.

Wände derselben werden in Chlorzinkjod violett. Darunter liegt eine Art Querzellenschicht (Fig. 218, q), welcher eine Lage von Zellen mit ausgezeichneter Netzleistenverdickung folgt. Diese enthält bei den dunklen Samen das Pigment, wiewohl schon Pigmentkörner auch in der vorhergehenden Querzellenschicht auftreten. Die Pigmentschicht ist das specifische Leitelement der Mohnsamenkuchen. Das Pigment erfüllt die ganze Zelle in Gestalt eines homogenen braunen, einen Abguss des Zelllumens bildenden Körpers, der gegen Reagentien ziemlich widerstandsfähig ist (Fig. 218 u. 219, p).

Das Zustandekommen der bekannten graublauen Farbe der

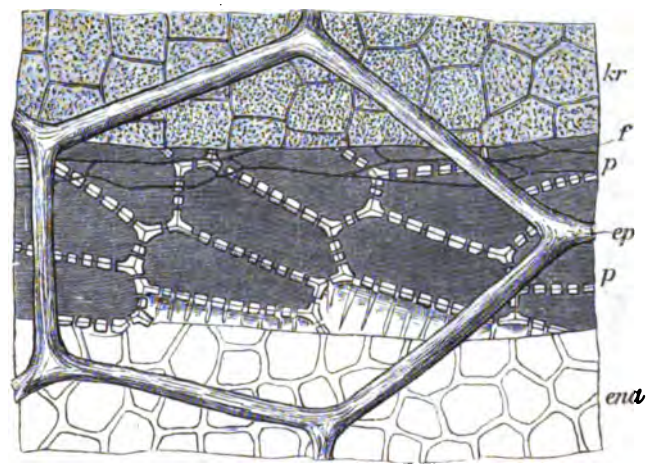


Fig. 219. Partie der Samenschale des Mohnsamens von der Fläche. ep Epidermis, kr Krystallsandzellen, F Faserschicht, p Pigmentschicht (in den zwei untersten Zellabschnitten ist das Pigment nicht eingezeichnet), end Endosperm. Vergrösserung 400. Es sind nur jene Zellschichten dargestellt, die in der Flächenansicht ohne weitere Präparation deutlich zu beobachten sind; es fehlen also die Schichten q und i (der Fig. 218).

dunklen Mohnsamen bei Gegenwart eines einzigen tiefbraunen Farbkörpers beruht auf einem Interferenzphänomen; ein farbloses, aber getrübtes Medium erscheint bekanntlich auf einem dunklen Hintergrund blau; das farblose und getrübte Medium ist die Krystallsandschicht, der dunkle Hintergrund die Pigmentschicht. Nach Entfernung des Oxalatsandes durch Salzsäure oder nach Ausfüllung der Lufträume zwischen den Sandkörnchen mit Flüssigkeit wird die Trübung beseitigt und die Schale braun erscheinen.

Das Endosperm (Fig. 218 u. 219, end) und der Keim bestehen aus zarten Parenchymzellen mit reichem Inhalt an Oel und Aleuronkörnern; letztere sind in den inneren Zellen bis 7 μ gross und enthalten zahlreiche Globoide und kleine Krystalloide.

13. Hanfkuchen.

Diese kommen nur selten, vorzugsweise im östlichen Europa auf den Markt. Die bekannten rundlichen oder breiteiförmigen einfächerigen, einsamigen, grünlich- oder graubraunen Früchte (fälschlich „Samen“) des Hanfes, Cannabis sativa L., sind durch ihren Oelreichthum (31—34,5 Procent) ausgezeichnet. Der endospermlose Keim enthält fettes Oel und Aleuronkörner, aber keine Stärke. Da in den Hanfkuchen stets auch die Schalen vorhanden sind, so lässt sich an diesen die Waare diagnosticiren. Die Schale[1]) besteht aus einer äusseren weichen Schicht und einer inneren Hartschicht. Die äussere enthält die Epidermis mit vielfach gewundenen Zellen und ein Parenchym. Die innere Schicht setzt sich hauptsächlich aus sehr charakteristischen Palissadenzellen zusammen, die „deutlich radial gestreckt sind und ein enges, nach innen zu sich erweiterndes, nach aussen reich verzweigtes Lumen besitzen. Ihre sehr ungleich dicken Membranen sind an den Seiten faltig verbogen und mit zahlreichen Poren versehen. Diese Poren, an der Innenseite gerade oder fast gerade, zeigen an den Seitenwänden so bizarre Verzweigungen, dass man an einem Querschnitte der Schale auch oftmals Flächenansichten von ihnen bekommt“ (Tschirch). Die Palissadenzellen sind die Leitelemente des Hanfkuchens.

14. Buchnusskuchen (Büchelkuchen, Bucheckernkuchen).

Die Früchte der Rothbuche, Fagus silvatica L., besitzen gegen 23 Procent fettes Oel und werden gewöhnlich nach Entfernung der Fruchtschale ausgepresst. Die Pressrückstände sind als Viehfutter nicht zu empfehlen, da sie nach Böhm[2]) das giftige Cholin enthalten, welches an Pferden, die mit den Kuchen gefüttert worden sind, Zittern, Taumel, Raserei, selbst den Tod verursacht haben soll. Wiederkäuer und Schweine sollen sie dagegen ohne Nachtheil verzehren. Bucheckern kommen selten, durchschnittlich von 5 zu 5 Jahren zur Reife, daher nur nach solchen Zeiträumen in grösseren Mengen auf den Markt und ihre Kuchen sind dann ausserordentlich billig. Sie sollen auch wegen des ähnlichen äusseren Aussehens nach König zur Fälschung der theuren Leinsamenkuchen benützt werden.

Der mikroskopische Nachweis der „ungeschälten“ Büchelkuchen

---

[1]) Tschirch in Realencyklopädie, Band II, S. 524 und Tschirch-Oesterle, Anatom. Atlas, S. 57, Taf. 15.

[2]) Arch. exp. Path. und Pharmac. XIX, S. 89. — Cit. nach Pfister.

unterliegt keinen besonderen Schwierigkeiten; dagegen ist es nicht gerade leicht, „geschälte" zu diagnosticiren oder deren Anwesenheit im Leinkuchen nachzuweisen [1]).

An den Präparaten der ersterwähnten Sorte fallen sofort jene Gewebeplättchen auf, die aus der Oberhaut und der Sklerenchym-

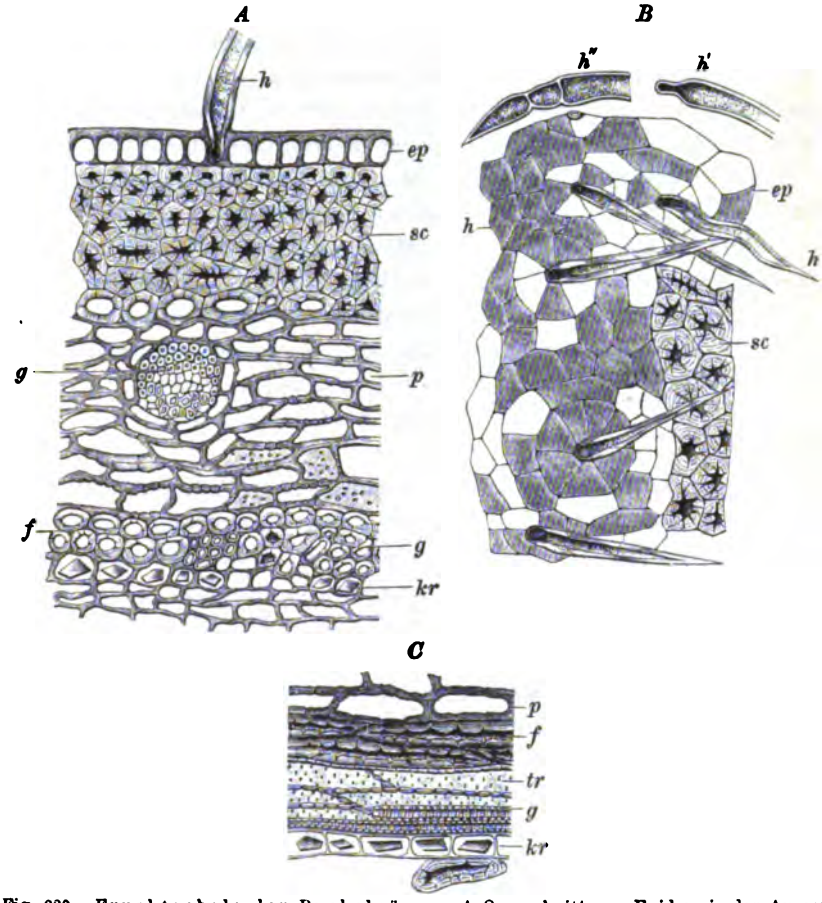


Fig. 220. Fruchtschale der Buchelnüsse. A Querschnitt: ep Epidermis der Aussenseite mit Haare h, sc Sklerenchymschicht, p Parenchymschicht, g kleines Gefässbündel, g (unten rechts) Theil eines grösseren Gefässbündels, f Bastfasern, kr Krystallzellen. — B Oberhautstück in der Flächenansicht ep, h einfache Haare, h' Haarstück mit verschmälertem Fusstheil, h'' mehrzelliges Haar, sc Sklerenchymzellen. — C Stück aus einem Gefässbündel in der Längsansicht, f Bastfasern, tr Tracheiden, g Spiroiden, kr Krystallkammerfaserzellen.

platte bestehen. Die Oberhaut setzt sich aus von der Fläche gesehen polygonalen (Fig. 220, B, ep), im Querschnitt aussen verdickten ge-

[1]) Autor in Realencyklopädie, Band VII, S. 407 und Pfister, l. c. S. 5 des Separatabd.

rundet-quadratischen bräunlichen Zellen (Fig. 220, A, ep) zusammen, die häufig radiär um ein Haar gestellt sind; die Oberhaut trägt zahlreiche Haare, besonders an der dem Fruchtscheitel angehörenden Partie (Fig. 220, B, h, h', h'').

Unter der Oberhaut der Aussenseite liegt eine ziemlich mächtige Sklerenchymplatte (Fig. 220, A, B, sc), aus typischen sehr stark verdickten, reichlich Porencanäle führenden Steinzellen gebildet. Auch das nun folgende Parenchym ist in den Kuchenpartikeln gut zu unterscheiden. Das Parenchym besteht aus braunen porösen, meist tangential etwas gestreckten Zellen und enthält in seinem äusseren Theil kleine Bündelstränge (A, g), in seinem inneren breite Gefässbündel mit Bastfasern, Spiralgefässen, Tracheiden und Krystallkammerfaserzellen (Fig. 220, A, C). Zu den diagnostisch verwerthbaren Elementen der Buchnussschale können auch die Haare gerechnet werden; sie sind meist einzellig, nur selten mehrzellig (Fig. 220, B, h''), die meisten dickwandig, einzelne dünnwandig und wie das Baumwollhaar spiralig gedreht; die dickwandigen besitzen eine stark verschmälerte Basis (B, h'). Da die Leinsamenkuchen der Haare gänzlich entbehren, wird das Auffinden solcher sofort den Verdacht auf Beimischung von Bucheckern erregen müssen.

Der Same besteht aus den mehrfach gefalteten Keimblättern und einem Würzelchen, die von einem Endospermrest und einer sehr einfach gebauten Samenhaut gedeckt sind. Letztere setzt sich zu äusserst aus ziemlich grossen, polyedrischen, braunen, fast stets inhaltslosen Zellen zusammen, denen kleinere, ähnlich gebaute folgen (Fig. 221, A, B). Die Wände dieser Zellen zeigen ein eigenthümlich stricheliges Verhalten, reagiren weder auf Cellulose noch auf Lignin und sind höchst wahrscheinlich verkorkt, worauf auch das Aussehen hinweist. Insbesondere die äussersten Zellen, die die Oberhaut darstellen, scheinen wahre Korkzellen zu sein. In einigen derselben sind noch plasmatische Residua wahrzunehmen (sa). Nach innen zu sind die Zellen ganz zusammengepresst und bilden ein (obliterirtes) Schwammgewebe (sa'; nach Pfister). Nun folgt eine Reihe dickwandiger, farbloser, in Kali gallertig quellender Zellen, die an die bekannten Aleuronzellen der stärkehaltigen Samen (Getreidefrüchte etc.) erinnern und wohl den Rest des Endosperms (Fig. 221, A, B, en) darstellen.

Die Keimblätter haben den typischen bifacialen Bau (Fig. 221, C); unter der Oberhaut der Innenseite liegt das Palissadenparenchym (pa); dieses sowie das übrige Mesophyllgewebe ist vollständig mit Oelplasma und Aleuronkörnern (Fig. 221, D) erfüllt; durch Behandlung mit

Kalilauge lässt sich der Inhalt grösstentheils entfernen und es bleibt in jeder Parenchymzelle eine winzige Krystalldruse zurück (Fig. 221, C, kr).

Aus dem hier Mitgetheilten ergibt sich, dass die Bestimmung des „geschälten" Kuchens sich gewissermassen auf negative Momente

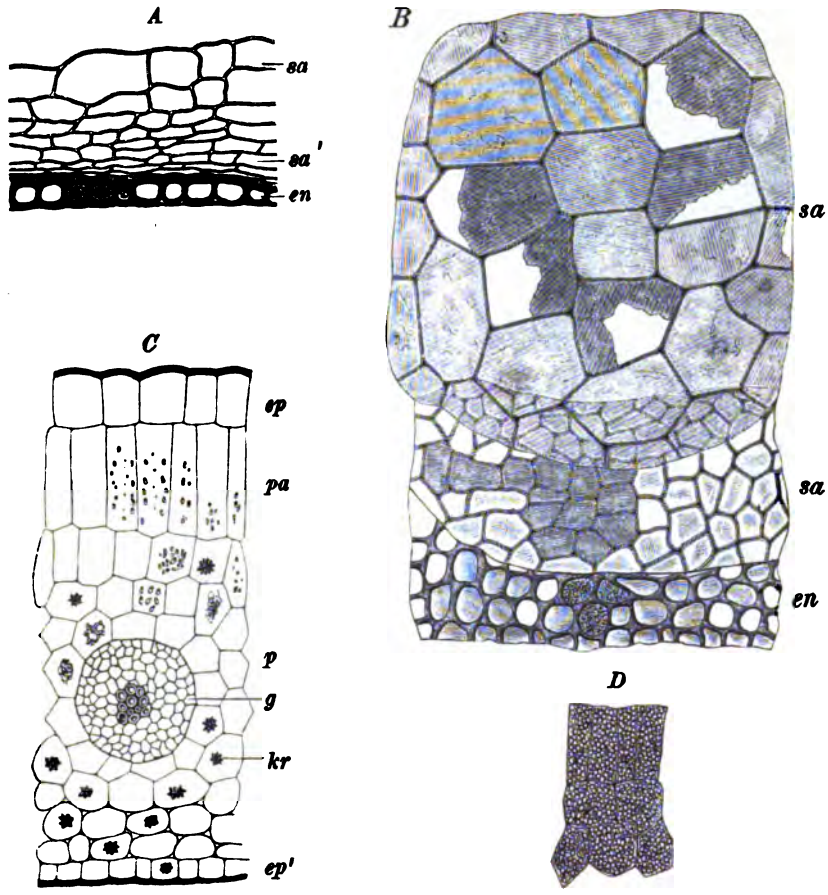


Fig. 221. Gewebetheile des Buchensamens. A Querschnitt durch die Samenschale, sa Oberhaut, sa' inneres Schwammgewebe, en Endospermzellen. — B Schalenstück von der Aufsicht, Bezeichnung wie A. — C und D Aus dem Keimblatte des Buchensamens, D in Wasser, die Zellen mit Inhalt erfüllt, C in Kalilauge: ep und ep' Oberhaut der Innen- und Aussenseite, pa Palissadenparenchym, p polyedrisches Parenchym mit Gefässbündel g, kr Krystalldrusen.

stützen muss: es dürfen andere als die beschriebenen Gewebe nicht gefunden werden. Es empfiehlt sich hier also ganz besonders, das Untersuchungsobject mit sicher bestimmtem Materiale zu vergleichen, ein Verfahren, das überhaupt niemals unterlassen werden soll.

15. Palmkernkuchen[1]).

Der von den Samen der Oelpalme, Elaeis guineensis L. (und E. melanococca Gärtn.), herrührende Palmkernkuchen wird sowohl als Futtermittel als auch als Fälschungsmaterial für gepulverte Gewürze verwendet.

Die eilänglichen oder bohnenförmigen Samen sind grau- bis schwarzbraun und mit einem vertieften Adernetz überzogen. Die dünne Samenhaut ist mit dem grösstentheils aus gelblichweissem öligfleischigem Endosperm bestehenden Kern innig verbunden; das Endosperm trägt in einer kleinen Höhlung am oberen Ende den Keim.

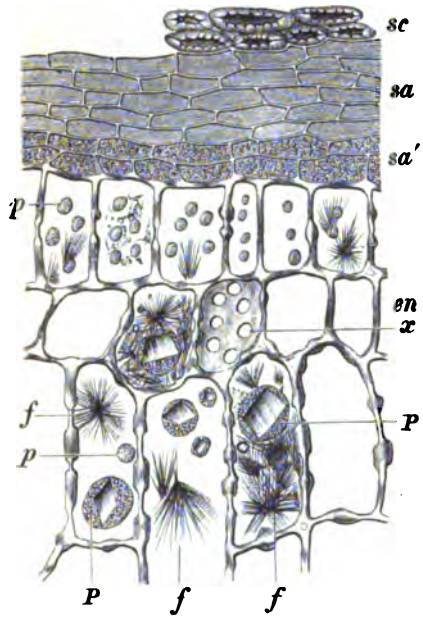


Fig. 222. Partie eines Querschnittes durch den Palmkern, mit Jodalkohol und sehr verdünnter Schwefelsäure behandelt. sc sklerenchymatische Deckschicht, sa Samenhaut mit homogenem braunem Inhalt, sa' die innersten Zellreihen derselben mit hellerem Inhalt, en Endosperm, bei x auch eine Wand von der Fläche mit den grossen Poren, P grosse, p kleine Aleuronkörner mit Krystalloideinschlüssen, f Büschel von radiär gestellten Krystallnadeln der Fettsäuren.

An der Samenschale findet man zunächst reichgetüpfelte, in der Fläche polygonale Sklereiden (Fig. 222, sc, Fig. 223, I, sc), hierauf dünnwandige, gerundet-polyedrische oder längsgestreckte, fast stabartige Zellen mit dunkelbraunem homogenem Inhalt. Die gestreckten Zellen liegen partienweise parallel, die einzelnen Partien dagegen kreuzen einander regellos und geben dadurch ein sehr charakteristisches Bild (Fig. 223, I, sa); die innersten Zellen führen einen in Kalilauge citronengelben Inhalt (Fig. 222, sa'). Das Gewebe des Endosperms setzt sich aus gerundet-prismatischen, radiär gestellten Zellen zusammen, die in der Peri-

[1]) Autor, Ueber die Frucht der Oelpalme. Zeitschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver. 1882, S. 325—328. — Arthur Meyer, Ueber die Oelpalme. Beiträge zur Kenntnis pharmac. wichtiger Gewächse. Arch. d. Pharmac. 1884, Band 22, Heft 19. — Harz, Samenkunde II, S. 1124. — C. Hartwich, Chem. Ztg. 1888, S. 957. — Autor in Realencyklopädie 1889, Band VII, S. 92 (Artikel Mischpfeffer). — J. Moeller, Mikroskopie, S. 241. — A. v. Vogl, Die wichtigsten Nahrungsm., S. 550.

pherie noch kurz sind, nach innen aber bis 80 μ lang werden. Die Zellwände bestehen aus Cellulose und besitzen sechs bis acht grosse kreisrunde Tüpfel, die ein ausgezeichnet charakteristisches Merkmal der Palmkern-Endospermzelle darstellen. Da die Zellwand dort, wo sie tüpfelfrei ist, ziemlich mächtig ist, so ist es begreiflich, dass sie in der Seitenansicht eine knotige Verdickung zeigen muss (Fig. 222 u. 223, X). Der Inhalt besteht aus scholligen,

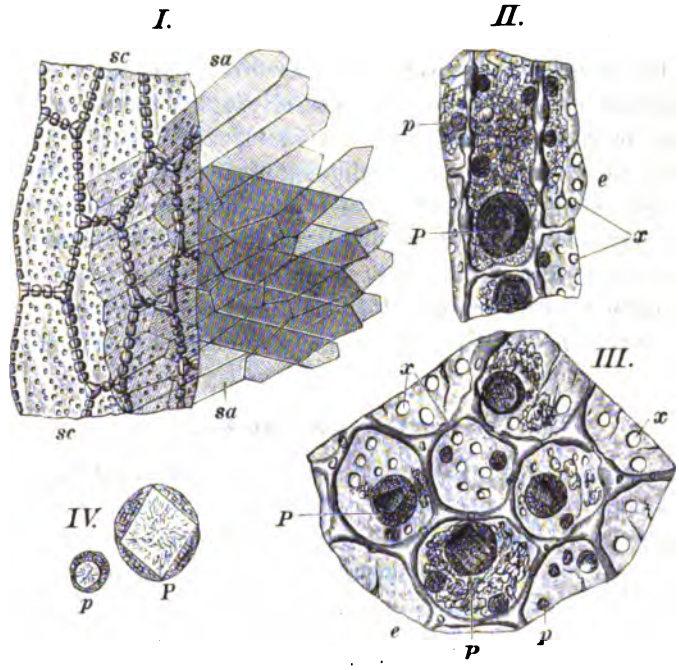


Fig. 223. Bestandtheile des Palmkernmehles. I. Schalenelemente, sc sklerenchymatische Deckschichte (die Zellen in der Aufsicht), darunter sa Samenhaut; II. und III. Stücke des Endosperms, II. in der Längsansicht der Endospermzellen, III. in der Aufsicht. Bezeichnung wie in Fig. 222; IV. einzelne Aleuronkörner, P grosses, p kleines Korn.

stricheligen oder feinstrahligen Massen (Fettkrystallen) und aus grossen und kleinen rundlichen Aleuronkörnern; die peripherisch gelegenen Zellen enthalten kleinere, die übrigen meist je ein grosses und mehrere kleine Aleuronkörner (Fig. 223, IV). In Alkohol eingelegte Präparate zeigen die Aleuronkörner stark lichtbrechend, schwach gelblich und an der Oberfläche strichelig oder feinkörnig; ihr Durchmesser beträgt 24—27 μ. In fettem Oele erscheinen viele Zellen fettleer (vom Kuchen), einige sind mit Fettsäureraphiden angefüllt und die grossen Aleuronkörner zeigen eine polyedrische Oberflächenbegrenzung,

sie sind wie von einem feinen Netzwerk überzogen; die kleinen Aleuronkörner sind meist scharfkantig.

Entfernt man mit Benzin das Fett und legt dann das Präparat in Jodglycerin, so speichern die Aleuronkörner das Jod auf, sind goldbraun gefärbt und lassen ihren Einschluss, ein grosses rhomboëderähnliches Krystalloid, hervortreten. Die Einschlüsse kann man durch folgende Präparation besonders deutlich machen. Das mit Jodalkohol gefärbte Object wird in sehr verdünnte Salzsäure gelegt. Nebst den radiär angeordneten Büscheln von Fettsäureraphiden (Fig. 222, f) sieht man die goldgelben Aleuronkörner mit vollkommen transparentem, peripherischem Eiweiss, aus dem das Krystalloid in gelber Farbe glänzend hervortritt (Fig. 223, P). Auch Chloralhydrat hellt das Präparat gut auf; nach 12—15stündiger Einwirkung erscheinen die Aleuronkörner blassgelblich und an der Oberfläche fein gekörnelt.

Die Palmkernkuchen sind an den beschriebenen Endospermzellen mit den kreisrunden Lochtüpfeln und den Inhaltskörpern leicht und sicher zu erkennen; auch die verschieden orientirten Gruppen parallel verbundener Samenhautzellen sind für die Diagnose brauchbar.

16. Cocosnuss- oder Coprahkuchen[1]).

Die Samen der Cocospalme (Cocos nucifera L.) bilden im ganzen und im zerkleinerten getrockneten Zustande unter dem Namen Copra, Coprah, Kopra, Copperah einen bekannten Oelrohstoff. Das Fett wird gewöhnlich schon in den Heimathsländern durch Auspressen, seltener durch Auskochen der Samen in Wasser gewonnen. Die beim Auspressen sich ergebenden Rückstände kommen von den Tropenländern, insbesondere von Ceylon zu uns als Cocosnusskuchen. Die nach Europa (England, Frankreich, Deutschland) importirte Coprah wird hier gereinigt und ausgepresst oder mit Schwefelkohlenstoff entfettet. Die Farbe der Kuchen ist hellbraun oder röthlichweiss, Verunreinigungen sind sehr selten, absichtliche Zusätze kommen mitunter vor. Die Verdaulichkeit und Nährwirkung ist eine grosse.

Der der Steinschale (Endokarp) entnommene kugelige Same[2]) ist braun oder röthlichbraun und mit einem dichten vertieften Adernetz versehen, in welchem die Gefässbündelstränge oder Theile der-

[1]) L. Gebek, Ueber Cocosnusskuchen und Cocosnussmehl, Landwirthsch. Versuchsstat. 1894, XLIII, S. 427—440.

[2]) Autor in Realencyklopädie, Band VII, S. 411 und in Wiesner's Rohstoffe, 2. Aufl., Band II. — Harz, Samenkunde, II, S. 1121.

selben liegen; die Abdrücke des Adernetzes und die ergänzenden Theile der Bündel befinden sich an der Innenseite der Steinschale; eine scharfe Scheidung zwischen Frucht- und Samenschale ist eigentlich nicht vorhanden; Theile des Endokarps sitzen auf der Deckschicht der Samenschale. Die braune sehr dichte Samenschale haftet fest an dem weissen, ölig-knorpeligen, an Bruchflächen radialfaserigen, innen hohlen Kern (Endosperm). Die Höhlung des Endosperms enthält eine wässerige Flüssigkeit, die Cocosmilch.

Von der Samenschale lassen sich graubraune Schüppchen leicht ablösen, die aus fast farblosen sehr verschieden gestalteten, sklerosirten und reichlich getüpfelten Zellen (Fig. 224, A, sc) bestehen und auch an der Innenseite des Endokarps auftreten; einzelne Gruppen derselben dringen auch noch in die eigentliche Samenschale ein, und da sie farblos sind, wegen ihrer Verholzung in Phloroglucin-Salzsäure roth gefärbt werden, so können sie leicht von den Zellen der Samenschale unterschieden werden.

Die Samenschale lässt drei Schichten erkennen, von welchen die beiden ersten nicht scharf geschieden sind, während die dritte ziemlich deutlich sich von den übrigen abhebt. Die Samenhautzellen der äusseren Schicht sind langgestreckt, in der Fläche meist rechteckig, seltener etwas gekrümmt, zu drei bis vier oder mehreren parallel gestellt, diese Gruppen aber wieder verschieden orientirt. Weiter nach innen verkürzen sich die Zellen (Fig. 224, A, sa), werden rundlich, gerundet-polygonal und sind in trockenem Zustande zusammengepresst mit gefalteten Wänden; der Inhalt erscheint als ein brauner massiver Klumpen. Ein in Kalilauge erwärmtes Präparat zeigt die Zellwände aufgequollen, mit Tüpfeln versehen und den Inhalt an den Wänden angelagert, die Zellmitte gewöhnlich leer (Fig. 224, B u. C). Diese Lücken im Zellinnern sehen, wenn sie rund sind, wie grosse Poren aus. In einzelnen Zellen bildet der Zellinhalt dunkelbraune kugelige Tropfen (oder Körner). Die der Aussenseite angelagerten Gefässbündel bestehen aus Spiroiden.

Die innerste Schicht der Samenhaut, ein sehr schmaler dunkler Streifen, setzt sich aus einer, seltener zwei Reihen etwas gestreckter Zellen zusammen, deren Wände stärker verdickt sind.

Das Endosperm beginnt mit einer Reihe nahezu isodiametrischer Zellen, deren Aussenwand cuticularisirt ist. Die übrigen Endospermzellen sind radial gestellte, fünf- bis sechsseitige sehr dünnwandige Prismen von 160—300 μ Länge und 40—60 μ Breite; sie verursachen die eigenthümliche faserige Beschaffenheit der Bruchfläche

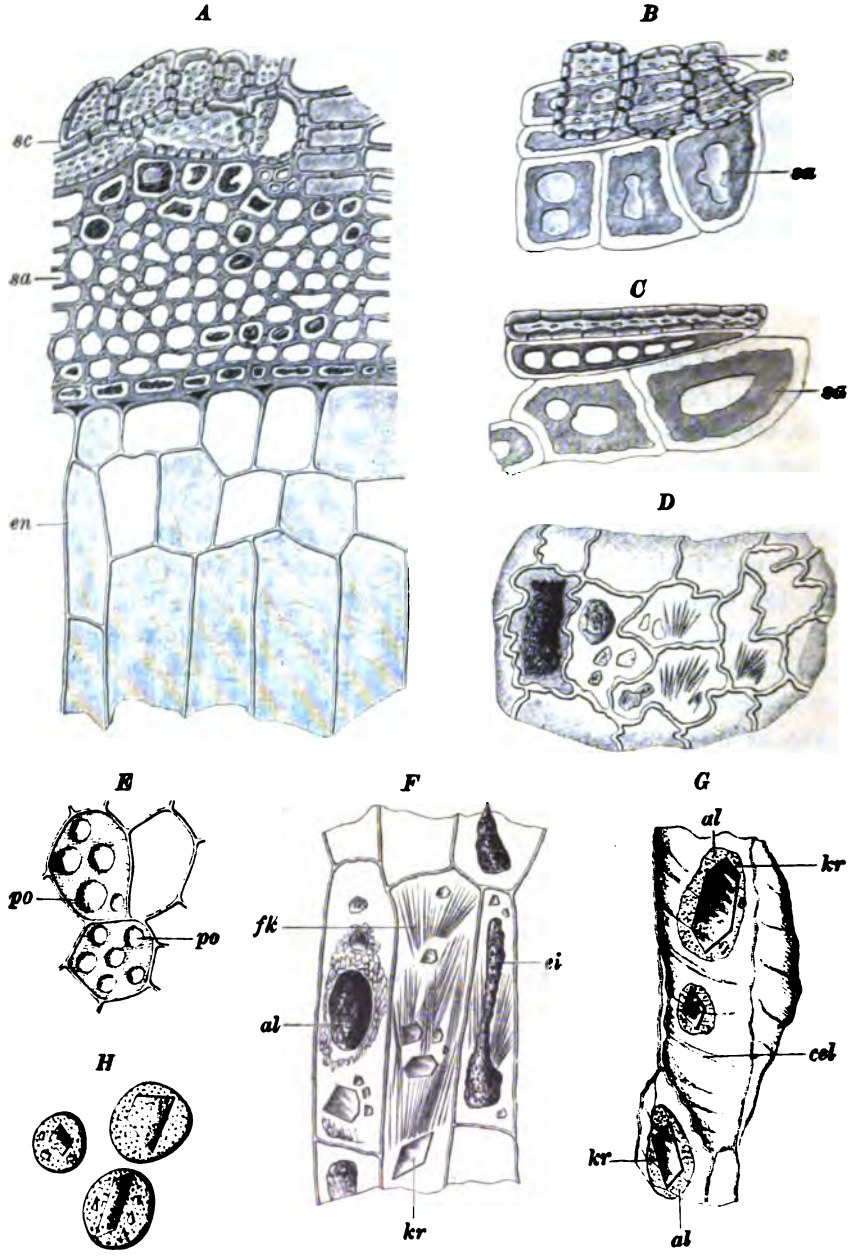


Fig. 224. Cocosnusssamen. A Partie eines Querschnittes durch den Samen, sc Sklereiden, sa Samenhaut, en Endospermzellen (ohne Inhalt gezeichnet). — B und C Samenhautzellen in der Aufsicht (sa), sc Sklereiden. — D Endospermzellen in Oel in der Aufsicht. — E dieselben nach Quellung, an zwei Zellen die Querwände mit den kreisrunden Tüpfeln (po) sichtbar. — F Endospermzellen in Glycerin, ei Oelplasma, al Aleuronkorn, fk Fettkrystallnadeln, kr Krystalloide. — G Endospermzellen in Jod und Schwefelsäure, cel Cellulosefalten. — H Lose Aleuronkörner in Millon's Reagens.

des Cocoskernes (Fig. 224, A, en). In Oel gelegte Schnitte zeigen die Zellwände faltig, zerknittert (Fig. 224, D); nach Behandlung mit Lauge oder Erwärmen in Wasser glätten sich die Wände und man kann an den Querwänden sehr zarte grosse Tüpfel (Fig. 224, E, po) beobachten, die den Längswänden fehlen. Mit Jod und Schwefelsäure färben sich die Zellwände blau und zeigen eine charakteristische schiefspiralige Streifung (Fig. 224, G).

In Glycerin eingelegte Zellen lassen als Inhalt grosse massige Klumpen von Oel-Eiweiss (Fig. 224, F, ei), ferner Aleuronkörner (al), Bündel von Fettkrystallnadeln, sowie grössere und kleinere Krystalloide wahrnehmen. Nach Behandlung mit Jod und sehr verdünnter Schwefelsäure werden die grossen Krystalloideinschlüsse der Aleuronkörner sichtbar (Fig. 224, G, kr, al). Solche Aleuronkörner findet man in Präparaten aus dem Presskuchen auch frei und kann mit Millon's Reagens ihre Einschlüsse deutlich sichtbar machen. Stärke fehlt durchweg.

Als Oelkuchen kommen noch die bei der Mehlbereitung ausgeschiedenen Maiskeime (an den zahlreichen anhaftenden Stärkekörnchen zu erkennen), Mandelkuchen, Wallnusskuchen, Candlenuss-(Bancoulnuss-)Kuchen (von Aleurites triloba, vergl. Autor in Realencyclopädie VII, S. 410) und verschiedene andere in den Handel. Auch die Rückstände der zur Darstellung der ätherischen Oele verwendeten Umbelliferenfrüchte[1]) (Kümmel, Anis, Fenchel, Koriander) dienen als Viehfutter.

Myrobalanen.

Um auch ein Muster der als Gerbematerialien verwendeten Früchte kennen zu lernen, wählen wir die bekannten Myrobalanen, die Früchte von Terminalia Chebula Retz (Combretaceae). Dieser Baum wächst in ganz Vorderindien, bis zum Fusse des Himalaya, in Hinterindien, auf Ceylon und dem südostasiatischen Archipel. Die Myrobalanen schlechtweg sind die reifen getrockneten Steinfrüchte (Drupa, S. 310), die schwarzen oder indischen Myrobalanen sind die unreifen Früchte desselben Baumes, ohne Samen und fast ohne Steinkern.

---

[1]) Vergl. hiezu: P. Uhlitzsch, Rückstände der Fabrikation ätherischer Oele, Landwirthsch. Versuchsstat. 1893, XLII, S. 215—277, und die Werke von J. Moeller, Tschirch und A. v. Vogl.

Die Myrobalanen[1]) sind länglich, unregelmässig eiförmig, meist nach den beiden Enden verschmälert, am unteren Ende mit dem runden vertieften Fruchtstielansatz versehen, mehr oder weniger deutlich fünfkantig und stumpf gerippt, grünlichgelb oder gelbbraun (gelbe Myrobalanen) oder röthlichbraun bis schwarzbraun und mehr gerunzelt (grosse schwarzbraune Myrobalanen). Das Perikarp besteht aus einem haarlosen, matten oder schwachglänzenden Epikarp, einem 4 bis 5 mm dicken, beim Schneiden sich zerbröckelnden Mesokarp und einem bis 7 mm dicken, beinharten, gelben, ebenfalls gerundet fünfkantigen, höckerigen Endokarp. An der gekochten Frucht lässt sich dieser Steinkern leicht aus den übrigen Fruchtschichten herausschälen. Schon äusserlich nimmt man, besonders am Scheitel eine die Steinschale in zwei ungleiche Längshälften theilende Linie wahr, die am Querschnitt als ein brauner querlaufender Trennungsstreifen[2]) erscheint. In der schmalen, cylindrischen Höhle des Steinkernes liegt der von einer dünnen gelbbräunlichen, gefässbündelreichen Samenhaut bedeckte längliche Keim, der umeinandergerollte, die kurze Radicula zum Theil einschliessende Keimblätter besitzt.

Sowohl an Längs-, wie an Querschnitten durch die Steinschale bemerkt man (hauptsächlich nahe der Innenseite) zahlreiche, verschieden grosse, bis über 500 μ im Durchmesser haltende, meist rundliche Lücken, die mit einer gelben, glänzenden, leicht zerbröckelnden Masse angefüllt sind. Nach Betupfen der Schnittfläche mit Eisenchloridlösung färbt sich der Inhalt dieser Höhlen dunkelblau; ebenso wird auch das ganze Mesokarp dunkelblau gefärbt. Es ist also eisenbläuender Gerbstoff, der den Hauptinhalt der Gewebe, sowie der Steinkernlücken ausmacht.

Da die Myrobalanen infolge der grossen Härte und Festigkeit des Steinkernes dem Zerkleinern bedeutenden Widerstand leisten, so geschieht dies gewöhnlich in Grossem mit Stampfen oder ähnlichen maschinellen Vorrichtungen, und das Pulver bildet ein Handelsobject. Um nun die Reinheit desselben nachweisen zu können, ist die Kenntniss des mikroskopischen Baues der Myrobalanen unerlässlich[3]).

---

[1]) In Preislisten und Zeitungsberichten wird fast regelmässig die Bezeichnung „Myrabolanen" angewendet. Der richtige Name Myrobalanen kommt von μύρον (myron = Balsam, Salbe) und βάλανος (balanos = Eichel, Nuss), und bedeutet Salbennüsse, deren die Alten fünf Species kannten.

[2]) Dieser könnte nach Brandis (Engler-Prantl, Pflanzenfamilien III, 7. Abth., S. 112) auf zwei mit der Blüthenaxe verwachsene Fruchtblätter deuten.

[3]) Vergl. auch A. Vogl, Commentar II, S. 160.

Wir werden uns daher zunächst über die wichtigsten Gewebeformen der Frucht und des Samens an Quer- und Längsschnitten informiren müssen. Es empfiehlt sich, die Schnittfläche mit Glycerin, oder wenn man auf den Zellinhalt nicht Rücksicht nimmt, mit Wasser zu tränken, um das spröde Gewebe geschmeidiger und schnittfähig zu machen.

Wir finden nun am Querschnitt zu äusserst eine stark cuticularisirte Oberhaut (Fig. 225, 1, c) mit etwas radial gestreckten Zellen, deren Seitenwände mitunter getüpfelt sind. In der Aufsicht erscheinen die Oberhautzellen ziemlich gleich gross, scharfkantig, polygonal; solche Partikel der Epidermis sind im Pulver häufig aufzufinden (Fig. 226, 1).

Unter der Epidermis liegt ein vier- bis sechsreihiges Kollenchym (Fig. 225, 226, 2), dessen Zellen im Querschnitt tangential gestreckt, von der Fläche gesehen, rundlich sind, von Chlorzinkjod gebläut werden und bräunliche Inhaltskörper führen. Das Kollenchym geht in ein durchlüftetes lockeres Parenchym mit rundlichen Zellen über, welches kleine Stärkekörner enthält (Fig. 225, 3).

An dieses Parenchym ist eine verschieden mächtige Zone quergestellter, also gürtelförmig die Frucht umziehender Sklerenchymfasern

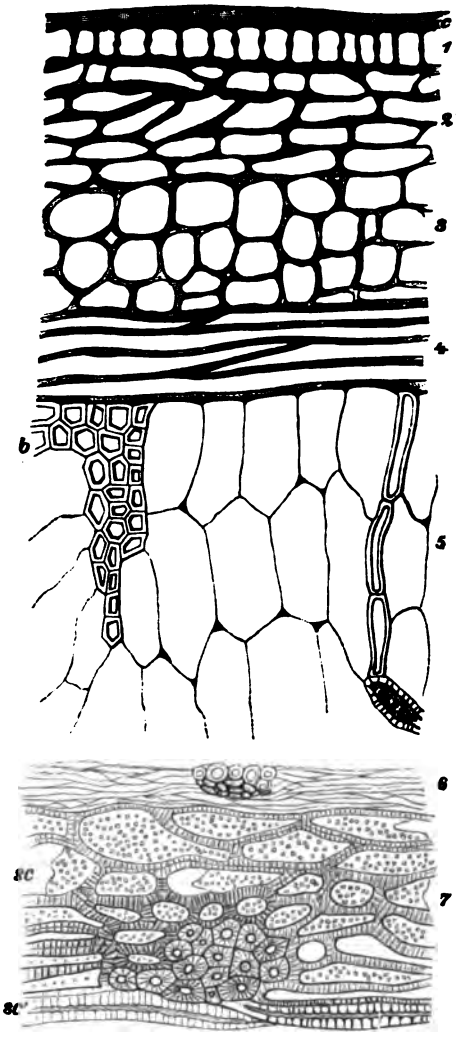


Fig. 225. Partie eines Querschnittes durch die Frucht von Terminalia Chebula (Myrobalanen). 1 Epidermis mit Cuticula c; 2 Kollenchym; 3 Uebergangsparenchym; 4 quergelagerte Sklerenchymfaserzone; 5 grosszelliges (Gerbstoff-) Parenchym, b Brücke von axial gestellten Sklerenchymfasern, die Schichte 5 ist nur zum geringsten Theile gezeichnet; 6 innerste Merokarpschichte mit einem Gefässbündel; 7 die äussersten Lagen des Steinkernes, sc verholzte reichgetüpfelte Zellen, sc' echte Sklerenchymfasern. (In Kalilauge.)

angelagert, deren Wände sehr auffallend parallel verlaufen. Von dieser Zone ziehen nach einwärts in kurzen Zwischenräumen ebenfalls radial, häufiger aber axial (d. h. parallel zur Fruchtlängsaxe) gestellte Sklerenchymfasern (Fig. 225, b), die entweder, nachdem sie bis auf eine Reihe reducirt sind, plötzlich aufhören, oder gewissermassen Brücken und Verspreizungen des Mesokarps bildend, bis zu den im Innern des Mesokarps befindlichen Gefässbündeln vordringen; auch radial verlaufende, verdickte Längszellen (ohne prosenchymatischen Charakter) kommen, zu schmalen Reihen geordnet, nicht selten vor. Der Gürtelzone liegt meistens noch eine Reihe axial gestellter Sklerenchymfasern an, so dass dadurch eine weitere Festigung des Fruchtgewebes zu Stande kommt.

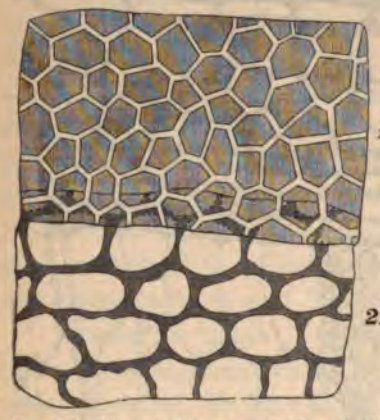


Fig. 226. Myrobalanen. Epidermis (1) und Kollenchym (2) in der Flächenansicht.

Die Hauptmasse der inneren Schicht ist ein Parenchym grosser, im Querschnitt radial gestreckter, in der Tangentialansicht rundlicher, Intercellularen einschliessender Zellen, deren Wände in Kali sich strecken und sehr dünn erscheinen (Fig. 225, 5). Diese grossen Parenchymzellen sind die Speicher des Gerbstoffes. In Glycerin betrachtet, findet man sie gänzlich mit einer gelblichen, structurlosen, aber zerklüfteten Masse erfüllt, die sich in warmem Wasser, in Kalilauge vollständig (mit braungelber Farbe) löst, in Salzsäure einige Zeit in Form gelber Schollen erhalten bleibt und mit Eisenchlorid die Gerbstoffreaction gibt.

Ausser den schon beschriebenen Sklerenchymfaserbrücken finden sich Nester sehr verschieden gestalteter, verholzter und reichlichst getüpfelter Zellen vor, wie denn überhaupt das Gewebe, je mehr es sich dem Endokarp nähert, die Tendenz besitzt, zu sklerosiren. Die innersten Schichten des Mesokarps (Fig. 225, 6) sind stark tangential zusammengepresst und schliessen kleine Gefässbündel ein.

Das Endokarp beginnt mit einer Schicht solcher verdickter, verholzter und getüpfelter Zellen, wie sie im Mesokarp vorkommen (Fig. 225, 7); wegen der reichen Tüpfelung sehen die Breitflächen dieser Zellen wie Siebe aus. Zum grössten Theile sind es aber echte Sklerenchymfasern, die das Endokarp zusammensetzen und die durch

mächtige Verdickung, reiche Porenführung und starke Verholzung ausgezeichnet sind; sie liegen sehr verschieden orientirt, so dass man an Querschnitten die Fasern in verschiedenen Ansichten beobachten kann (Fig. 225, sc'). Mitunter schliessen sie auch kleine Gruppen der oben beschriebenen breiten getüpfelten Zellen ein.

In dieser Faserschicht liegen auch die rundlichen (mitunter als Gummigänge[1]) bezeichneten) Secretbehälter. Sie werden sowohl von den Schmalenden, als auch von den Längsflächen der Sklerenchymfasern umsäumt und besitzen als unmittelbare Begrenzung einen schmalen Wandstreifen. Nach A. v. Vogl (l. c. S. 160) sind diese Räume Riesenzellen und der schmale Wandstreifen soll mit Chlorzinkjod auf Cellulose reagiren. Auffallend ist, dass die anstossenden Enden der Sklereiden sich mitunter desorganisirt zeigen.

Die Innenwand der Fruchtschale ist mit einem Häutchen ausgekleidet, das (in der Flächenansicht) gestreckt-vierseitige, dünnwandige, nicht verholzte Zellen besitzt.

Die Samenschale zeigt im Wesentlichen vier (oder fünf?) Schichten und eine damit verbundene Aleuronschicht. Die Oberhautzellen sind eingefallen, flach, quellen in Kalilauge stark auf und sind im Querschnitt fast quadratisch mit etwas vorgewölbter Aussenwand, sehr dünnwandig. Darunter liegt eine, wie es scheint, unterbrochene Reihe tangential gestreckter Zellen mit deutlichem Lumen, von welchen einzelne mit runden oder spaltenförmigen Tüpfeln versehen sind; im letzteren Falle kann man von einer netzförmigen Verdickung sprechen. Nun folgt eine hellgelbe Zone gänzlich collabirter Zellen, welche die tangential sehr ausgedehnten Gefässbündel (mit zahlreichen Spiroiden) enthält. Die nächste Schicht besteht aus ein braunes Pigment führenden Zellen, an die sich ein gelber, auch aus collabirten Zellen zusammengesetzter Streifen anschliesst. Die innerste Zellreihe ist eine typische Aleuronschicht. Die dünnen Keimblätter enthalten in ihren gerundet polyedrischen sehr dünnwandigen Zellen Aleuronkörner, Oelplasma, und hie und da je eine grosse Oxalatkrystalldruse.

Zur Untersuchung des Pulvers bedient man sich jener Methoden, die wir bei den Oelkuchen kennen gelernt haben. Als Vorprobe dienen die Reactionen mit Eisenchlorid und Kalilauge; ersteres färbt das Pulver fast schwarzblau, letztere tief gelbbraun, wobei sich die Inhaltskörper auflösen. Die Hauptmasse des Pulvers machen die

[1]) Brandis, l. c. S. 115.

Partikel der Steinschale aus; einzelne kurze Sklerenchymfasern haben eine grosse Aehnlichkeit mit denen der Olivenkerne, sie werden aber von Kalilauge braungefärbt. Sehr charakteristisch sind auch die verschieden geformten, stark getüpfelten, verholzten Zellen des Mesokarps und der Aussenseite des Endokarps. Ferner findet man im Pulver reichlich Theilchen des Mesokarpsparenchym mit anhängenden Sklerenchymfasern, deren parallellaufende Wände sie gut kennzeichnen. Endlich sind Bruchstücke von Spiralgefässen und der Fruchtschalenoberhaut nicht selten aufzufinden. An vielen Stücken des Endokarps beobachtet man eine concave, muldenförmige Begrenzung, die von den Riesenzellen herrührt. Von dem Samen bekommt man nur sehr selten ein Bruchstück zu Gesicht.

Vegetabilisches Elfenbein (Steinnüsse).

Darunter versteht man die beinharten Samen mehrerer Palmen, welche wegen ihrer Festigkeit, Härte und Homogenität des Gefüges zu verschiedenen Dreharbeiten vorzüglich befähigt sind. Auch die Abfälle finden im gepulverten Zustande Verwendung als Fälschungsmittel gepulverter Gewürze u. s. w. Der technische Mikroskopiker wird mitunter in die Lage kommen, sog. Beinmaterial zu beurtheilen und die Kenntniss der hier in Betracht zu ziehenden Rohstoffe und deren Surrogate darf nicht fehlen. Wir unterscheiden heute im Handel echte und polynesische Steinnüsse. Die echte Steinnuss stammt von der südamerikanischen Elfenbeinpalme Phytelephas, deren wichtigste Art Ph. macrocarpa Ruiz et Pavon den grössten Theil der Waare liefert[1]). Ueber die polynesischen Steinnüsse wird unten Näheres mitgetheilt.

Der Same von Phytelephas befindet sich gewöhnlich noch in der 0,4—1 mm dicken, aussen lehmfarbigen, innen schwarzen, sehr spröden und harten Steinschale (Endokarp); er selbst ist von einer braunen, schuppigen, von einem Gefässbündelnetz durchzogenen, fest anliegenden Samenhaut umhüllt und besitzt einen breiten flachen Nabel und seitlich von demselben eine helle konische Warze, den Keimdeckel. Der grösste Theil des Samenkernes wird von dem weissen, sehr harten Endosperm gebildet, der kleine Keim liegt in einer von dem Keimdeckel verschlossenen Höhlung. Die grossen Colon- und Guayaquilsteinnüsse zeigen häufig im Innern Risse und Spalten,

[1]) Ueber andere Arten s. Wiesner's Rohstoffe, 2. Aufl., Band II.

während die kleineren Savanilla- und Tumacosarten durchwegs unversehrt sind.

Die Steinschale besteht hauptsächlich aus langen, radial gestellten Palissaden, deren Lumen durch einen Kieselkörper ausgefüllt ist. An diese schliesst eine hellgelbe Zone collabirter Zellen und

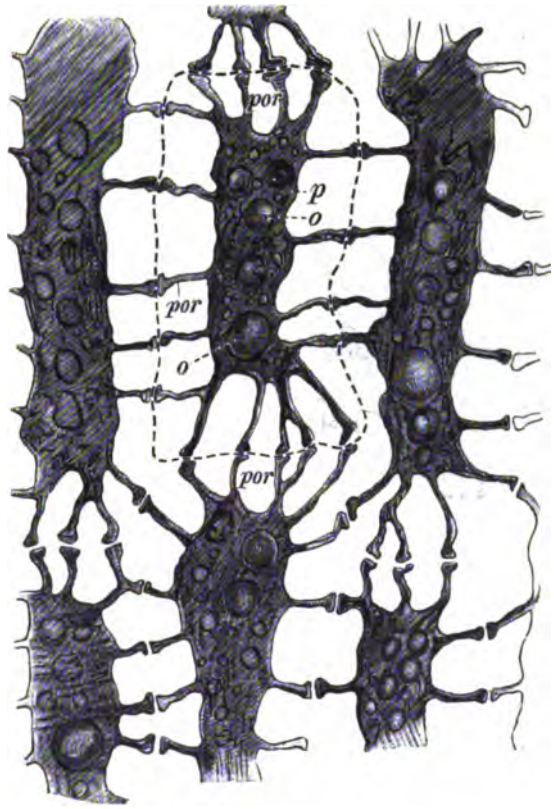


Fig. 227. Zellen aus dem Endosperm des Samens von Phytelephas macrocarpa (Elfenbeinnuss; Tschirch). por Tüpfel, der Inhalt durch Erwärmen mit Wasser zerstört, o Fetttropfen, p Plasma.

eine Lage kleiner Steinzellen[1]). Die innerste Schicht der Steinschale und die Samenhaut werden aus verschieden langen und verschieden orientirten Faserzellen zusammengesetzt.

Die Zellen des Endosperms (Fig. 227) bieten uns Gelegenheit, eine besondere Art der Speicherung von Reservenährstoffen

[1]) Ausführliches darüber enthält eine Arbeit von Molisch, „die Kieselzellen in der Steinschale der Steinnuss", im Centralorgan für Waarenkunde und Technologie 1891, Heft 3, S. 103—105.

kennen zu lernen. Die äussersten Zelllagen bestehen aus kleinen rundlichen verdickten Parenchymzellen. Nach einwärts nehmen die Zellen an Grösse bedeutend zu (Länge über 250 μ, Querdurchmesser 60—102 μ) und ihre Wände sind so stark verdickt, dass das Lumen nur mehr 38—60,8 μ breit ist. Diese Wandverdickung besteht aus Reservecellulose (vergl. S. 48) und nach Behandlung mit Chlorzinkjod wird das ganze Gewebe blauviolett. Ausserdem sind die Zellen so innig mit einander verschmolzen, dass man weder in Längs- noch in Querschnitten die Zellcontouren wahrnehmen kann; erst nach Quellung in Kalilauge treten dieselben hervor (Fig. 228). Merkwürdig ist der Bau der Tüpfel. Fast senkrecht auf die Lumenrichtung ziehen starke Porencanäle ab, die sich am anderen Ende kolbig erweitern und ihrer Lage nach mit denen der Nachbarzelle correspondiren; die kolbig erweiterten Enden liegen unmittelbar an einander, durch eine dünne Lamelle (Tüpfelmembran) geschieden (Fig. 228, p). F. G. Kohl[1]) hat nachgewiesen, dass die Plasmainhalte der einzelnen Zellen durch zarte Plasmafäden in Verbindung stehen; diese Fäden durchsetzen einzeln die verdickte (ungetüpfelte) Membran und werden dann als solitäre Verbindungsfäden bezeichnet; sie treten aber auch zu mehreren in der Tüpfelmembran auf als sog. aggregirte Verbindungsfäden, und zeigen da sehr merkwürdige an die Spindelfigur des Zellkernes erinnernde Formen.

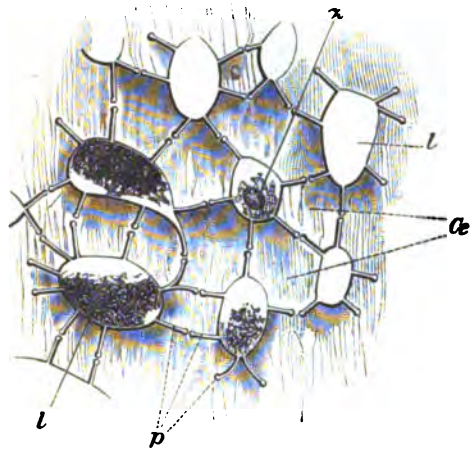


Fig. 228. Echte Steinnuss (Phytelephas macrocarpa), Partie eines Querschnittes durch das Endosperm. Ce Zellwand, p Porencanäle, l Lumen, z Zellkern.

Ausser den plasmatischen Substanzen und geringen Fettmengen sind keine besonderen Körper in den Zellen enthalten, Krystalle fehlen vollständig. Nach Erwärmen in Wasser erscheint das Plasma als eine feinkörnige Masse, in welcher grössere Fetttropfen liegen (Fig. 227 o, p).

Ausser der echten Steinnuss kommen jetzt auch die Samen

[1]) Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1900, XVIII, S. 364.

zweier polynesischer Palmen unter dem Namen Tahiti-, Fidschi-Vitschi-, Salomonsnüsse, australische Wassernüsse in den Handel. Nach Dingler[1]) und O. Warburg[2]) liefert Coelococcus carolinensis Dingl. die Carolinennüsse, Coelococcus salomonensis Warb. die Salomonssteinnüsse. Beide Arten haben die Form und Grösse eines Apfels; die Carolinennuss (die früher sog. Tahitinuss) ist an der Oberfläche glatt, glänzend oder fein und dicht gestreift, bräunlich schwarz; die Salomonsnuss ist mit zehn meridianal verlaufenden Wülsten (sehr stumpfen Rippen) versehen, dunkelrothbraun und matt. Die Carolinennuss beschreibt Wendland[3]) folgendermassen. Die Samen haben „eine niedergedrückt kugelförmige, etwas schiefe Gestalt und sind namentlich unterhalb des Scheitels an der Stelle abgeflacht oder vertieft, wo die Embryohöhlung liegt; sie sind 5—6 cm hoch und haben einen Durchmesser von 6—8 cm, die grössten derselben sind im Gewicht 220—240 g. Infolge der von der Basis in das Innere des Samens hineinreichenden sehr vertieften und im Innern sich verbreitenden Raphe, zeigt ein vertical durchschnittenes Albumen eine Hufeisenform". Die Salomonsnuss, an den Rippen sofort erkennbar, hat einen viel schmaleren Chalazamund und eine schmale tief eingesenkte Grube oberhalb des Keimes. Der mikroskopische Bau[4]) dieser Steinnüsse gleicht dem der echten. Wir finden wieder gestreckte Zellen mit stark verdickten Cellulosewänden und deutlichen, am freien Ende kolbig erweiterten Porencanälen (Fig. 229). Doch lassen sich selbst kleine Gewebepartikel der polynesischen und der echten Steinnüsse leicht von einander

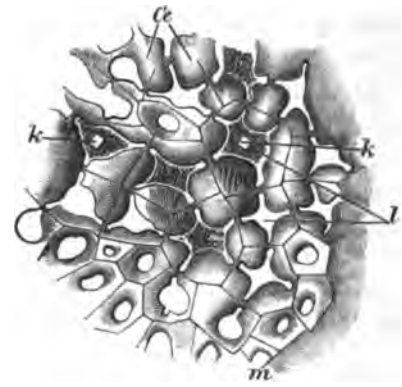


Fig. 229. Polynesische Steinnuss (Coelococcus Carolinensis Dingl.), Partie eines Querschnittes durch das Endosperm. Ce Zellwand, l Lumen, k Oxalatkrystall, m Mittellamelle.

[1]) Ueber eine von den Carolinen stammende Coelococcus-Frucht. Bot. Centralbl. 1887, XXXII, S. 347.

[2]) Ueber Verbreitung, Systematik und Verwerthung der polynesischen Steinnusspalmen. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1896, XIV, S. 133.

[3]) Beiträge zur Kenntniss der Palmen. Bot. Ztg. 1878, 36, S. 114.

[4]) Autor in Zeitschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver. 1880, S. 360. — Idem, Zur Anatomie der Tahitinuss. Heger's Zeitsch. f. Nahrungsmitteluntersuch. etc. (Wien) 1893, VII, S. 197 und Realencyklopädie, Band IX, S. 590.

unterscheiden. Die Phytelephaszellen sind breiter und kürzer, die von Coelococcus länger und schmäler, dementsprechend sind Tüpfel der ersteren länger, die von Coelococcus kürzer und etwas breiter, das Lumen ist bei Phytelephas grösser als das von Coelococcus, eine Zusammenstellung der Zellen- und der Luminamaasse zeigt dies deutlich (Fig. 230).

Der Querdurchmesser der Zellen, von der Tüpfelschliessmembran gemessen, beträgt bei dem

Phytelephassamen	Coelococcussamen
83—102 μ	28—48 μ

Der Querdurchmesser des Zelllumens beträgt:

38—60,8 μ	19—32 μ

Diese auffallenden Grössenunterschiede sind sonach ein sehr brauchbares Merkmal. In den Fig. 228—230 ist darauf besonders Rücksicht genommen worden.

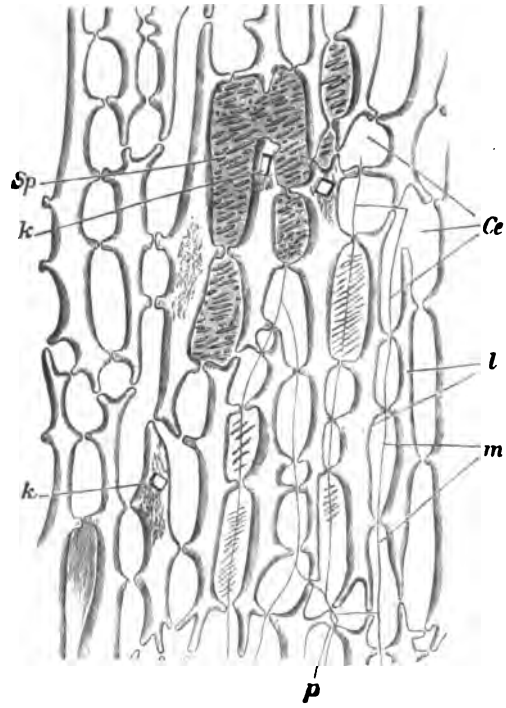


Fig. 230. Polynesische Steinnuss (Coel. carolin.). Partie eines Längsschnittes durch das Endosperm. Ce Zellmembran, m Mittellamelle, p Tüpfel, l Lumen, k Krystalle, Sp linksschief laufende Spalten in der Zellmembran.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal bildet die Deutlichkeit der Zellcontouren. Während in dem Phytelephassamen die Zellwände keine Mittellamelle (in Wasser) erkennen lassen, sehen wir bei Coelococcus die Zellcontouren schon in Wasser an vielen Stellen deutlich. Zugleich soll hier ein besonderes Verhalten der Zellwand besprochen werden, das bei Coelococcus höchst scharf, bei Phytelephas dagegen minder deutlich und weniger häufig beobachtet werden kann. Die ganze aus Cellulose bestehende Membran (die also zwei Zellen angehört) ist von sehr schmalen, zu einander parallelen, ein wenig gewundenen und anscheinend leeren

Spalten durchsetzt, die links schief zur Längsaxe der Zelle gerichtet sind (Fig. 230, Sp). Die Spalten machen den Eindruck von Rissen, die aber nicht bis zur innersten das Lumen umgrenzenden Membran reichen. Die Ursache dieser Erscheinung ist nicht bekannt. Vielleicht sind es Trocknungsphänomene oder sie hängen mit dem Eiweissgehalt der Cellulosemembran, bezw. mit den von Kohl gefundenen plasmatischen Verbindungsfäden zusammen.

Die dritte wichtigste Differenz, die sich an den beiden Steinnussarten constatiren lässt, ist das Vorkommen von Krystallen in dem Coelococcussamen, die der echten Steinnuss völlig fehlen.

Man findet fast in jeder Coelococcuszelle einen, meist einem schmalen Zellende nahe gelagerten kleinen Calciumoxalatkrystall, der vielleicht dem tetragonalen Systeme angehört und ein einfaches Prisma (110) darstellt (Fig. 229 u. 230, k). Durch die Einwirkung von Salzsäure oder Schwefelsäure zerfallen die Krystalle, ohne dass bei Anwendung von Schwefelsäure eine Gypsnadelbildung hervorgerufen werden kann. Kocht man aber das Präparat vorher in Alkohol und dann in Wasser, so lösen sich die Krystalle in verdünnter Schwefelsäure und sofort beginnen auch Gypsnadeln anzuschiessen. Es lässt sich das Ausbleiben der Gypsnadelbildung bei Nichtanwendung von heissem Alkohol und Wasser dahin erklären, dass die Oxalatkrystalle in einer fetten oder gelatinösen Masse liegen, welche das neugebildete Calciumsulfat hindert zu krystallisiren. Durch den heissen Alkohol und das Wasser dürfte diese Hüllmasse entfernt werden. Das Auftreten von Calciumoxalatkrystallen in Samen, deren Reservenährstoffe nicht durch Fett oder Stärke, sondern durch die Hydrocellulose als Zellmembranverdickung repräsentirt sind, zählt wohl zu sehr seltenen Vorkommnissen.

Die polynesischen Steinnüsse haben ein mehr gelbliches Endosperm, während das der echten meist bläulichweiss ist. Von Interesse erscheint die Beobachtung, dass mitunter (z. B. im Jahre 1895) die Beschaffenheit der polynesischen Steinnüsse eine abnorm schlechte ist. Wahrscheinlich sind es ältere im Schlamme aufgelesene Früchte, bezw. Samen, bei denen die Keimung schon begonnen hatte und das Nährgewebe erweicht worden war.

Einen ähnlichen Bau der Endospermzellen besitzen auch die Samen vieler anderer Palmen, z. B. die der Dattelpalme [1]). Doch bilden diese meist keine nennenswerthe Objecte des Handels.

[1]) Ueber die Anatomie der Dattelkerne s. Antor, Chem. Ztg. 1886, X, Nr. 46, S. 701.

Achtes Capitel.

Technisch verwendete thierische Harttheile.

I. Echte Knochen.

Die Knochen verschiedener Säugethiere, insbesondere der Ruminantia (Wiederkäuer) finden in den Gewerben und in der Industrie eine sehr ausgedehnte Verwendung; bekannt ist die aus Knochen erzeugte, wegen ihres grossen Absorptionsvermögens sehr werthvolle Knochenkohle, der Knochenleim, die Knochenasche (weiss gebrannte Knochen), letztere als Rohstoff zur Phosphorgewinnung und als Düngemittel, zu Beinglas besonders wichtig. Die nur mechanisch aber nicht stofflich veränderte Knochenmasse dient als „Bein" zu verschiedenen Dreharbeiten, vornehmlich zu Knöpfen, Griffen, Messerschalen etc., und kann ein Object der technisch-mikroskopischen Untersuchung darstellen. Wir wollen daher die exo- und endomorphe Beschaffenheit, soweit die Kenntniss derselben für den technischen Mikroskopiker nothwendig ist, in kurzen Umrissen vorführen.

Nach ihrer chemischen Zusammensetzung bestehen die getrockneten, entfetteten, von anhängenden fremden Geweben befreiten Knochen aus anorganischen Stoffen und aus einem organischen Körper, dem Ossein (Collagen, leimgebende Substanz, Knorpelsubstanz). Die anorganischen Bestandtheile sind Calcium, Phosphorsäure, Kohlensäure nebst sehr geringen Mengen von Magnesium und Fluor. Wie diese Bestandtheile unter einander zu Salzen verbunden sind, ist nicht sicher bekannt; die Knochenasche ist aus 83—84 Procent Calciumphosphat, 9 Procent Calciumcarbonat, 2—3 Procent Magnesiumphosphat, 4 Procent Fluorcalcium und Spuren von Calciumsulfat zusammengesetzt. Das Ossein, das in beiläufig 35—37 Procent im Knochen enthalten ist, verwandelt sich nach längerem Kochen in Leim; ihm verdanken die Knochen einen geringen Grad von Elasticität.

Zur gewerblichen Verwendung eignen sich hauptsächlich die langen oder Röhrenknochen der Extremitäten. An jedem Röhrenknochen unterscheidet man das eigentliche Röhren- oder Mittelstück (Diaphyse) und die beiden mit überknorpelten Endflächen versehenen Endstücke (Gelenkstücke, Epiphysen). Die Höhle des Mittelstückes ist mit Knochenmark (Bindegewebe mit Fett) und Blutgefässen erfüllt. Die Epiphysen sind nicht hohl. Nach dem Baue der Knochenmasse kann man makroskopisch eine compacte,

eine schwammige und eine zellige Substanz unterscheiden. Die compacte Substanz constituirt vornehmlich die Oberfläche des Knochens bis auf eine bestimmte Tiefe, zeigt sich homogen, ohne grosse Lücken und ist vortrefflich polirbar; sie ist am stärksten an den Diaphysen entwickelt, daher diese auch zur gewerblichen Verwendung die beste Eignung besitzen. Nach innen zu geht die compacte Substanz in die schwammige über, welche aus vielen, nach den verschiedensten Richtungen orientirten Knochenblättchen besteht und somit einen grossen Reichthum von Lücken und Höhlen besitzt. Die zellige Substanz ist in sehr merkwürdiger Ausbildung in den Epiphysen entwickelt. Es soll hier bemerkt werden, dass der Unterschied zwischen schwammiger und zelliger Substanz selbstverständlich kein durchgreifender, sondern nur ein relativer ist und beide Formen auch zu einer zusammengezogen werden können. In den Endstücken der Röhrenknochen sind die das zellige Gewebe erzeugenden Knochenblättchen und Knochenbälkchen so angeordnet, dass sie den Zug- und Druckrichtungen entsprechen, welche der betreffende Knochen durch die Bewegung und Arbeitsleistung des Gesammtkörpers erfährt. Sie sind also nach den Gesetzen der Statik und Mechanik als elastische Pfeiler und Sparren angeordnet.

Schon bei geringer Vergrösserung beobachtet man, dass auch die compacte Knochensubstanz von feinen Canälen durchzogen wird, welche Blutgefässe enthalten und nach ihrem Entdecker Clopton Havers (engl. Anatom des 17. Jahrhunderts) Havers'sche Canäle genannt werden. Grösstentheils laufen sie parallel mit der Längsaxe des Röhrenknochens, anastomosiren mit einander durch Quercanäle und münden an der äusseren und inneren Oberfläche des Röhrenknochens mit sehr feinen Oeffnungen. (Fig. 231, h).

Zur mikroskopischen Untersuchung eines Knochens fertigen wir einen Schnitt oder Schliff zunächst senkrecht auf die Längsaxe an (vergl. S. 20), behandeln denselben mit verdünnter Salzsäure, um die anorganischen Bestandtheile zu entfernen, waschen das Präparat in Wasser aus, und beobachten es auch in Wasser. Wir finden nun, dass jedes (durchgeschnittene, also als Kreis erscheinende) Havers'sche Canälchen von einer structurlosen dünnen Lamelle, die dem Ossein angehört, umscheidet ist; mehrere dieser Canäle mit ihren Lamellenscheiden sind zusammen wieder von einem System concentrischer Scheiden umschlossen und schliesslich alle diese Gruppen wieder von einigen grösseren äusseren Grundlamellen, die in der Grösse dem Umfange des Knochens selbst entsprechen. Daraus ist zu ersehen,

dass der Knochen eine blättrige, lamellare Structur besitzt. und dass diese Structur eine integrirende Eigenschaft des echten Knochens ist. Daher ist das Zahnbein, das keinen lamellaren Bau aufweist, auch nicht zu der echten Knochenmasse zu zählen. Diese Structur ist auch die Ursache, dass an langsam verwitternden Knochen die Oberfläche schuppig-blättrig erscheint und dass geglühte Röhrenknochen oft concentrische Schalenrisse zeigen.

Nun wollen wir einen in Wasser liegenden nicht anderweitig behandelten Querschliff (Fig. 231, I) untersuchen. Steht uns kein Querschliff zur Verfügung oder ist die Untersuchung in kürzester Zeit

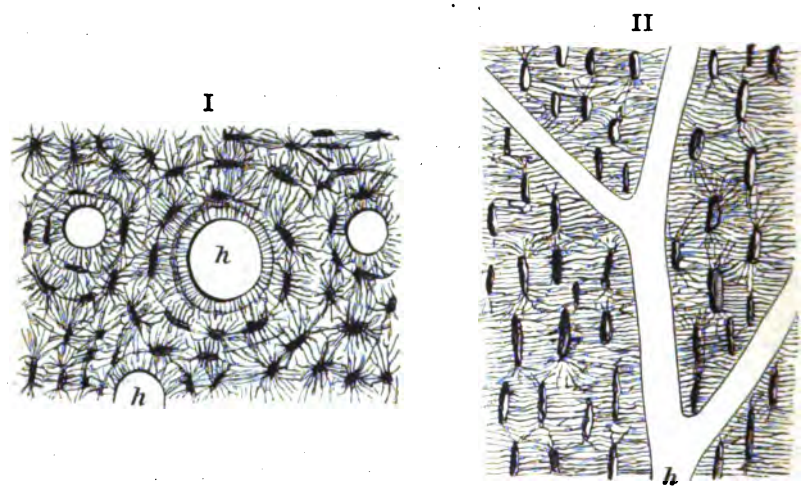


Fig. 231. Aus dem Femur des Rindes. I. Quer-, II. Längsschliff; h Havers'sche Canäle.

auszuführen, so stellt man mit einem guten Scalpell einen — freilich nicht sehr dünnen — Schnitt her und behandelt denselben mit verdünnter Salzsäure so lange, bis eine deutliche Blasenentwicklung sichtbar wird; hierauf wird der Schnitt rasch mit Wasser ausgewaschen, das Wasser wird abgesaugt, Glycerin hinzugefügt und ein wenig erwärmt. Durch diese Behandlung erhält das Präparat meist genügende Klarheit, um die im Folgenden beschriebenen Einzelheiten wahrnehmen zu lassen. Wir sehen höchst zahlreiche sehr kleine schwarze (weil mit Luft gefüllte), länglich spindelförmige, an beiden Enden zugespitzte Höhlen, von welchen viele feine, verästelte Streifen — Canälchen — ausgehen, sich mit einander verbinden oder in die Havers'schen Canäle münden. Am Längsschnitte sieht man, dass diese Canälchen vorwaltend senkrecht zur Längsachse des Knochens

und zu einander parallel verlaufen. (Fig. 231, II). Der in der botanisch-technischen Mikroskopie Geschulte wird unwillkürlich dieses Vorkommen mit porösen Steinzellen in Vergleich ziehen. Man hat diese kleinen Räume mit den nicht sonderlich passenden Namen „Knochenkörperchen" belegt, obwohl sie im todten Knochen, wie wir gesehen haben, hohle Räume sind; besser ist die Bezeichnung „Knochenzellen". An diesen „Knochenkörperchen" ist das kleinste Stückchen eines Knochens, jede „Beinarbeit" sofort zu erkennen; sie bilden das typische Leitelement der Knochenmasse.

Wie uns der mikroskopische Bau und die Function lehren, stellt das Knochengewebe eine besondere Art des so vielfältig im thierischen Organismus verbreiteten Bindegewebes vor. Wir finden in der lebenden Knochensubstanz nackte, spindelige Protoplasmaklümpchen, also nackte Knochenzellen, die einen länglichen oder runden Kern einschliessen und die in jenen Hohlräumen liegen, die wir oben kennen gelernt haben. Diese Hohlräume sind die erweiterten Kreuzungspunkte (Lakunen) eines höchst zarten Netzes von Kalkcanälchen, welche die Zwischenzellmasse des Knochengewebes durchziehen. Im todten Knochen ist von diesen wirklichen Knochenzellen nichts mehr zu sehen, nur die Hohlräume mit den Canälchen sind zurückgeblieben.

Das Hirschgeweih hat den Bau der echten Knochen.

II. Zähne.

Nach der stofflichen Zusammensetzung des Hauptbestandtheiles der Zähne unterscheidet man Zahnbein- oder Dentinzähne und Hornzähne. Die Dentinzähne besitzen in vielen Fällen auch ein mit der Hornsubstanz zusammenhängendes Gewebe, den Zahnschmelz, indem dessen organische Grundlage eben aus der genannten Substanz und nicht aus leimgebendem Bindegewebe besteht.

Die Dentinzähne sind nach ihrer Entwicklung und ihrem morphologischen Verhalten wieder in zwei Gruppen zu unterscheiden. Es gibt Dentinzähne, deren Grössenentwicklung nach einer bestimmten Zeit stille steht; sie besitzen echte, d. h. mehr oder weniger spitz zulaufende und bis auf eine sehr kleine Oeffnung geschlossene Wurzeln: Wurzeltragende, geschlossene oder endliche Zähne; oder das Wachsthum der Zähne ist ein unbegrenztes, es endet erst mit dem Leben des Thieres und statt der Wurzeln ist eine dünnwandige, mit einer grossen offenen Höhlung versehene Basis vorhanden: Nachwachsende, wurzellose Zähne.

Ein geschlossener Zahn setzt sich topographisch aus **Krone**, dem sichtbaren Theile, aus Hals und Wurzel zusammen. Als Wurzel wird der in der Kieferzahnhöhle (Alveole) eingekeilte, als Hals der vom sog. Zahnfleisch (Gingiva) umfasste Theil bezeichnet. Die Hauptmasse des Zahns, das Dentin (Eburin, Elfenbein) ist im Innern hohl und enthält eine weiche nervenreiche Masse, die **Zahnpulpa** oder den Zahnkeim. An der Krone wird das Dentin von einer sehr festen Kappe, dem Email oder Zahnschmelz (s. oben) überkleidet; die Dentinwurzel selbst steckt in einem Ueberzug, **Zahncement** genannt, der den Bau des echten Knochens besitzt und Knochenkörperchen beobachten lässt (sehr selten auch Havers'sche Canäle).

Das Dentin, wenn auch chemisch mit der Knochensubstanz identisch, ist anatomisch von den Knochen wesentlich verschieden. Es besteht aus einer Grundsubstanz, in welcher sehr feine Canälchen, die Dentincanäle oder Dentinröhrchen eingelagert sind. In sehr vielen Fällen kann man auch an der Grundsubstanz eine Structur erkennen, indem sie aus gleich grossen Kügelchen (Globuli) zusammengesetzt erscheint; sie besitzt dann eine Globularstructur. Es erscheint begreiflich, dass zwischen den Globulis Lücken bleiben müssen, die als Interglobularräume bezeichnet werden. Sonach kommen in dem Dentin zweierlei Hohlräume, die Dentincanäle und die Interglobularräume vor.

Das Email oder der Schmelz wird von sechsseitig prismatischen, senkrecht auf die Krone gestellten Fasern gebildet, die ausserordentlich fest aneinandergefügt sind, in einer hornsubstanzartigen Grundmasse liegen und an der freien Oberfläche von einem dünnen Häutchen (Schmelzhäutchen) gedeckt sind.

Nachdem wir nun über die normalen Zahngewebe im Allgemeinen orientirt sind, wollen wir die technisch und gewerblich verwendeten Zähne und ihren Bau[1]) kennen lernen. In der Regel werden dieselben unter dem gemeinsamen Namen Elfenbein subsumirt, wenn auch nicht alle von Elephanten stammen.

---

[1]) Fritz Obermayer, Beitrag zur Kenntniss des Zahnbeines vom Elephanten, Nilpferd, Wallross und Narwal. Neunter Jahresber. d. Wiener Handels-Akademie 1881, S. 102—113. — Fr. v. Höhnel, Beitrag zur Kenntniss der technisch verwendeten Elfenbeinarten. Heger's Zeitschr. f. Nahrungsmitteluntersuch., Hygiene und Waarenkunde (Wien) 1892, VI, S. 141—144, 183—188, 205—211. — Die v. Höhnel'sche Arbeit ist die vollständigste, die über die Mikroskopie dieser Rohstoffe existirt.

Das **Elfenbein** des Handels stammt von sechs lebenden Thieren und einem ausgestorbenen, dem Mammut (Elephas primigenius); die ersteren sind der indische und der afrikanische Elephant (Elephas indicus, E. africanus), das Flusspferd (Hippopotamus amphibius), das Wallross (Trichechus Rosmarus), der Pottwal oder Cachelot (Physeter macrocephalus) und der Narwal oder das Einhorn (Monodon monoceros).

1. Das Elephanten- und Mammutelfenbein stellt die Stosszähne dieser Thiere dar. Das Mammutelfenbein (sibirisches E.) wird in grossen Mengen am Mündungsgebiet der Lena theils im Eise oder in Steingerölle, theils in Höhlen gefunden. Die grösseren stärker gebogenen dürften von männlichen, die kleineren von weiblichen Thieren herrühren. Sie haben einen kreisrunden Querschnitt, verjüngen sich gegen die Spitze stark und sind kreisförmig und etwas nach aussen spiralig gebogen; ihr Gewicht beträgt meist nur 60—75 kg, kann aber bis 250 kg steigen. Nicht selten besitzen sie im Innern tangentiale Spalten, sog. Rundrisse, die äusserlich nicht sichtbar sind, und die Verwendbarkeit des Materiales geradezu unmöglich machen.

Das afrikanische Elfenbein, das wichtigste des Handels, kommt sowohl von der West- als auch von der Ostküste Afrikas. Die grössten Zähne sind über 2 m lang und bis 60 (nach Cuvier bis 175) kg schwer. Die der weiblichen Thiere wiegen nur 5—8 kg, die kleinsten meist gebrochenen Zähne heissen im Handel Crivellen oder Escrivellen. Das westafrikanische ist hart, transparent und heisst lebendes oder Glasbein, das ostafrikanische ist weich, undurchsichtlich und weiss, und wird daher als todtes oder Milchbein bezeichnet[1]). Das indische Elfenbein, das fast nur von wilden Thieren herrührt und nur mehr in geringer Menge gewonnen wird, ist feiner und zäher als das afrikanische, und die indischen Zähne sind nur selten bis 40 kg schwer[2]).

---

[1]) Ausführliches darüber s. Westendarp, Mitth. d. geograph. Gesellsch. in Hamburg 1878—1879, S. 201 und Spengler, Ueber die Eigenschaften des Elfenbeins, Dingler's Polyt. Journ., Band 46, S. 276 ff.

[2]) Elfenbein wird zu den verschiedensten Gegenständen verarbeitet. Die vier Hauptobjecte sind: Billardkugeln, Messergriffe (in Sheffield jährlich 200000 kg), Kämme und Klaviertasten; ferner werden Papiermesser, Brochen, Ringe (für Kinder), Stockgriffe, Fächer, Buch- und Bürstendeckel, unzählige Kunstgegenstände daraus verfertigt. Zentren der Elfenbeinverarbeitung sind Sheffield, Wien, Dieppe, Nürnberg und Fürth, Geislingen bei Ulm, Leipzig, das bayrische Hochland. Geraspeltes Elfenbein (Abfall) dient als Streusand, feingemahlenes als Füllmaterial und zur Darstellung künstlicher Bälle. — Elfenbein lässt sich ziem-

Der innere Bau ist bei allen drei Arten der gleiche. Jeder Zahn hat an der Basis eine kegelförmige Höhlung, in der (im lebenden Zahne) die Pulpa enthalten ist, besteht aus Dentin und besitzt einen dünnen Cementüberzug („Rinde"), aber keine Schmelzsubstanz. Nicht selten verknöchert die Pulpa an ihrem Scheitel und bildet dann ein besonderes Gewebeelement, das Osteodentin, welches in Kugeln oder in Conglomeraten derselben („Pocken") auftritt und eine bedeutende Entwerthung des Elfenbeins veranlasst. Bezüglich der Abnutzung des Zahnes durch den Gebrauch und des Ersatzes durch Nachwachsen ist nach v. Höhnel Folgendes zu bemerken: Der jugendliche Zahn verliert durch den Gebrauch von seiner Spitze so viel, dass die Pulpa schliesslich blossliegen würde; sie hat aber unterdessen neues Dentin producirt und die früher von der Pulpa am Spitzenende eingenommene Höhlung mit Osteodentin ausgefüllt; dieses Osteodentin bildet also von der lebenden Pulpa an bis zur Spitze des Zahnes einen gewissermassen axialen Streifen. Das neugebildete Dentin legt sich innen an das vorhandene an und es besteht daher der Zahn aus zahlreichen in einander geschachtelten Dentinkegeln, deren Spitzen aber durch den Osteodentinstreifen geschlossen sind.

Betrachtet man nun die Oberfläche eines vollständigen, centralen polirten Längsschnittes des Stosszahnes, so zeigt sich zunächst die Spur der Pulpahöhlung in Form eines dunklen Streifens bis zur Spitze des Zahnes; ferner sieht man eine dünne (etwa 1 mm messende) Rinde (Cement), das Dentin und das Osteodentin, wenn letzteres nennenswerth entwickelt ist.

An dem Dentin lassen sich vier Arten von Linien unterscheiden.

a) Mit einer starken Lupe bemerkt man höchst feine, in regelmässigen Wellen verlaufende, stets senkrecht auf der Aussenfläche stehende Linien: Die Dentincanäle. Bei starker, 600—800facher Vergrösserung erscheinen diese als doppelt contourirte Linien in der Grundmasse eingebettet, und sind zwei- oder dreimal schmäler, als der Zwischenraum zwischen zwei derselben; sie messen meist 1—1,5 μ, die breitesten selbst 3 μ; ihre Zahl ist am Radialschnitt, wie v. Höhnel gefunden, constant und beträgt 190—225 pro mm; sie sind verzweigt, die Zweige laufen spitzschief ab und bald wieder parallel mit dem Hauptzuge der Canäle. Die Querschnitte der Canäle erscheinen gepresst, elliptisch

---

lich leicht bearbeiten, nimmt eine schöne, dauerhafte Politur an, wird mit der Zeit gelb, lässt sich aber bleichen.

und nicht kreisrund; man wird daher am Zahnquerschnitt die Dentincanäle von der schmalen Seite sehen, und von dem wellenförmigen Verlauf nichts wahrnehmen; die Verzweigung ist hier viel reichlicher. Wie oben angegeben, haben die Dentincanäle stets einen radialen Verlauf, sie ziehen also niemals axial.

b) Ebenfalls mit der Lupe lässt sich ein zweites Linien- oder richtiger Bändersystem beobachten, das (am Radialschnitt) aus abwechselnd helleren und dunkleren Streifen oder Bändern besteht und senkrecht auf den Wellenzügen der Dentincanäle verläuft; am Querschnitt erscheinen die Streifen als zarte, parallel zur Aussenfläche des Zahnes ziehende Linien. Ihre Contouren am Radialschnitt sind meist verwischt, die Breite ungleich, meist 8—15 μ, sehr breite bis 30 μ und darüber. Diese Streifen heissen Contourlinien und werden von den Interglobularräumen in der Art verursacht, dass diese kleinen, rundlichen (nie spaltenförmigen) oft den Dentincanälen dicht anliegenden, daher Ausbuchtungen derselben gleichenden Räume schichtenweise dichter und zu sichtbaren Streifen angeordnet sind (Fig. 232). Hiebei ist zu bemerken, dass die Grundmasse dort, wo keine Contourlinien zu sehen sind, gänzlich structurlos ist.

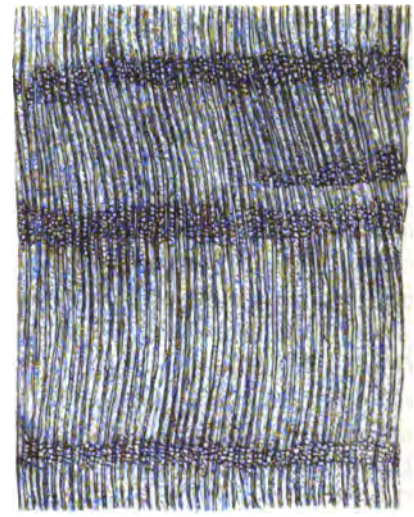


Fig. 232. Radialschliff durch das Elephanten-Elfenbein (Fritz Obermayer). Vergr. 260.

c) Die beiden folgenden Liniensysteme können schon mit freiem Auge wahrgenommen werden. Die früher angegebene Art des Zuwachses, welche sich in den auf einander gestellten und in einander geschachtelten Dentinkegeln ausdrückt, wird auch am Radialschnitt gut sichtbar; breitere, gegen die Zahnspitze convergirende, abwechselnd heller und dunkler gefärbte Streifen stellen die Durchschnitte dieser Dentinkegeln dar und können daher mit Recht als Zuwachszonen bezeichnet werden. Mit ihnen parallel verlaufen die Contourlinien.

d) Das vierte, für das Elephantenelfenbein besonders charakteristische System bilden die sog. Schreger'schen Linien. „Darunter versteht man Streifungen, welche durch die Dentincanäle hervorgerufen

werden, wenn dieselben nicht gerade verlaufen, sondern wellig. Da die Wellenlinien der auf einander folgenden Canälchen genau parallel laufen, so entstehen Reflexionserscheinungen in Form von tangential oder schief verlaufenden, oft sich kreuzenden Linien oder schmalen, hellen und dunkleren Bändern, welche bei verschieden einfallender Beleuchtung ihren Ort wechseln. Man bezeichnet die Zeichnungen, welche auf diese Weise entstehen, als Guillochirung des Elfenbeines. Echte Guillochirung mit sich kreuzenden Bändern und rhombischen Netzmaschen kommen nur beim Elfenbein der drei Elephasarten vor. . . . Sie verlaufen im Radialschnitte beiläufig parallel mit der Oberfläche und stehen senkrecht zu den Dentincanälen. Sie sind stets im äusseren Theile des Dentins schöner als im innern entwickelt. Innen werden sie stets breiter und verschwommener, bis sie ganz verschwinden."

„Fällt das Licht senkrecht auf die Dentincanäle, so erscheint jede Welle zur Hälfte hell und zur Hälfte dunkel. Da nun die auf einander folgenden Canälchen mit einander parallel laufen, so entstehen abwechselnd hellere oder dunklere Streifen von einer Breite gleich einer halben Wellenlänge, welche Streifen natürlich auf den Dentincanälchen senkrecht stehen. Dreht man bei gleichem Lichteinfalle das Präparat auf dem Tische des Mikroskopes um 180°, so fallen natürlich nunmehr dort Wellenberge hin, wo früher sich Thäler befanden, d. h. die früher dunklen Streifen erscheinen jetzt hell. Dreht man nun um 90° weiter, so dass das Licht parallel mit den Canälchen einfällt, so erscheinen von jeder Welle zwei Stellen heller glänzend und die dazwischen liegenden beiden dunklen, d. h. die Zahl der Schreger'schen Linien verdoppelt sich. Auf diese Weise erklärt sich das wechselnde Spiel der Guillochirung am Radialschnitte" (v. Höhnel). Wie nun am Querschnitte die gestreckt rhombischen Maschen durch die Schreger'schen Linien zu Stande kommen, erklärt v. Höhnel folgendermassen: „Würden die Wellenberge der im Querschnitte neben einander liegenden Dentincanälchen alle gleich gross und von der Peripherie gleich weit entfernt sein, so müssten die Schreger'schen Linien (wie beim Nilpferd) parallele tangentiale Linien darstellen. Das ist aber nicht der Fall. Man überzeugt sich an entsprechenden Querschliffen leicht davon, dass die Kuppen der Wellenberge ganz so wie die Schreger'schen Linien verlaufen. Dabei sind die Wellenlängen periodisch grösser und kleiner, wodurch die rhombischen Maschen entstehen. An den Ecken der Maschen sind die Wellenberge am grössten, an den Seiten am kleinsten."

Der Tangentialschnitt erscheint im Mikroskop meist wolkig, manchmal auch ohne Zeichnung. Die Wolken sind zu Längsstreifen geordnet, weil die Querschnitte der Dentincanälchen horizontale Wellenlinien bilden.

Das Kroncement des Elephantenelfenbeins enthält Knochenkörperchen und (beim Mammut reichliche, beim afrikanischen und indischen Elephanten sehr wenige) Havers'sche Canäle.

Wir haben in dem Voranstehenden den Bau eines Elfenbeinmateriales und jene Elemente kennen gelernt, die bei dem Studium eines Zahnes vornehmlich Berücksichtigung finden müssen. Von den übrigen Elfenbeinarten wollen wir unter Hinweis auf die nebenstehenden Abbildungen nur die wichtigsten mikroskopischen Kennzeichen angeben; wer sich ausführlicher über dieselben zu informiren wünscht, findet in der Studie von v. Höhnel alles Wissenswerthe.

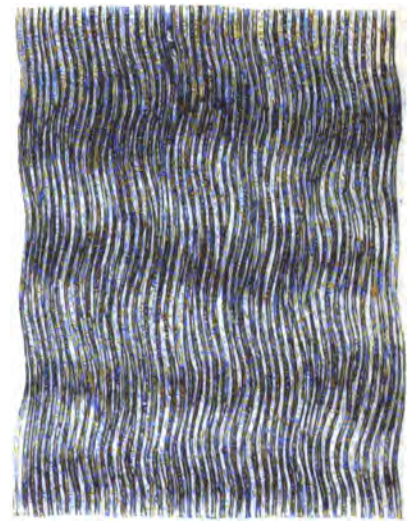


Fig. 233. Radialschliff durch einen unteren Eckzahn des Nilpferdes (Fritz Obermayer). Vergr. 260.

2. Das Elfenbein vom Nilpferd (Hippopotamus amphibius), gewöhnlich Hippopotam genannt, stammt von verschiedenen Zahnarten des Nilpferdgebisses (obere und untere Eckzähne, obere und untere Schneidezähne etc.), hauptsächlich aber von den unteren Eckzähnen; diese sind halbkreisförmig gekrümmt, aussen gefurcht, am Querschnitt abgerundet dreieckig, bis 60 cm lang und ganz mit weissem Schmelz bedeckt (die Reibflächen ausgenommen). Beim Trocknen zerspringen die Zähne in zwei gleiche Längshälften. Das Dentin ist rein weiss, hart und zeigt eine zarte Guillochirung. Am Radialschnitte (Fig. 233) sind die Dentincanäle 2—5 μ breit, zonenweise um 90° gedreht, mit ziemlich unregelmässigem und kurzem wellenförmigem Verlaufe. Die Grundmasse zeigt Globularstructur, die Interglobularräume sind rundlich, zu zahlreichen dichten Schichten, aber nicht zu deutlichen Contourlinien angeordnet. Am Tangentialschnitte fallen die grossen, locker gestellten Querschnitte der Dentincanäle auf, die in Reihen angeordnet sind.

3. Die Eckzähne des Wallrosses (Trichechus rosmarus) sind 0,5—1 m lang, schwach gekrümmt, stark flachgepresst, mit grosser Pulpahöhlung versehen, die sich bis zur Spitze erstreckt; die Pulpa ist bis zur Basis des Zahnes verknöchert und bildet die harte „Maser", d. h. einen Osteodentinkern, der aber nicht technisch verwendet wird. Die noch jugendlichen Zähne besitzen eine, durch Abnützung bald verloren gehende Schmelzkappe. Der Radialschnitt (Fig. 234) lässt das Wallrosselfenbein ziemlich gut von den anderen Arten unterscheiden. „Die Dentincanälchen verlaufen ganz gerade, sind 1—1,5 μ breit und zeigen zahlreiche feine, nach aussen bogig gekrümmte Anasto-

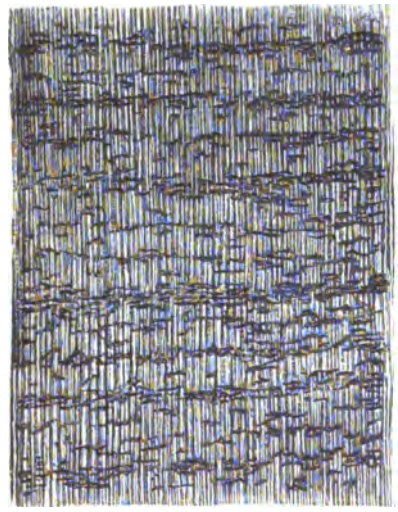


Fig. 234. Radialschliff durch den Eckzahn des Wallrosses (Fritz Obermayer). Vergr. 260.

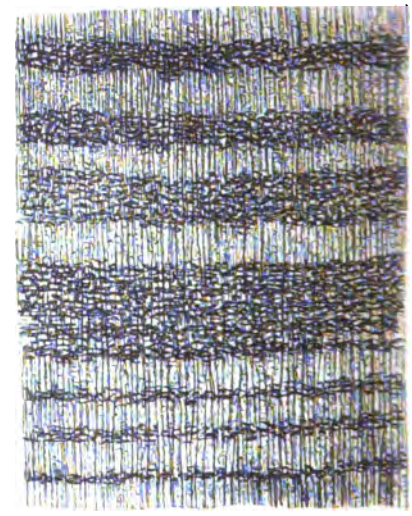


Fig. 235. Schliff durch den Narwalzahn (Fritz Obermayer). Vergr. 260.

mosen. Die Interglobularräume sind gross, auffallend, meist gekrümmt-spaltenförmig. Oft sehen sie so aus, wie in der Ferne fliegende Schwalben abgebildet werden. Hie und da bilden sie deutliche Contourlinien. Die Globularstructur der Grundmasse ist sehr deutlich, die Globuli messen circa 10—20 μ. Der Querschnitt sieht sehr ähnlich aus, nur sieht man die Dentincanäle von der schmalen Seite, sie erscheinen daher nur 0,3—0,5 μ dick" (v. Höhnel). Am Tangentialschnitt sieht man einen netzförmigen Zusammenhang der Interglobularräume, und die Lumina der Dentincanäle von einer dicken (im Querschnitt ovalen) Scheide umgeben.

4. Die Narwalzähne („Schwertfischhorn" des Handels) sind

gerade, 2—3 m lang, rechts spiralig gedreht, mit zahlreichen Furchen und Sprüngen versehen und mit einer Cementschichte bedeckt.

Der Radialschnitt zeigt die Dentincanälchen geschlängelt verlaufend und verzweigt, die Interglobularräume sehr gross, in netzförmigem Zusammenhang. Im Querschnitt sind die Dentincanäle gerade, die Interglobularräume gross und zu zahlreichen Contourlinien, die theils einzeln, häufiger dicht beisammen stehen, geordnet (Fig. 235). Das Cement ist geschichtet und zeigt schöne, nicht zusammengepresste Knochenkörperchen.

5. Das Pottwalelfenbein lässt Cement, Dentin und Osteodentin erkennen. Das Kroncement ist fast weiss, das Dentin bräunlichgelb, das Osteodentin bersteingelb und hyalin. Das Dentin zeigt vier Liniensysteme. Am Radialschnitt verlaufen die Dentincanälchen gerade (im innersten Theile wellenförmig), die Interglobularräume bilden stellenweise Contourlinien. Das Osteodentin tritt in Form erbsengrosser, bernsteingelber Körner im Axentheile der Zähne auf.

Das Pottwalelfenbein kann nur zu kleineren Gegenständen verarbeitet werden und hat wegen seiner dunklen Farbe nur geringen Werth.

III. Horn, Schildpatt und Fischbein.

a) Horn.

Unter Horn versteht man bekanntlich die paarige, aus Hornsubstanz zusammengesetzte Scheide der (knöchernen) Stirnbeinzapfen der Cavicornia (horntragende Wiederkäuer). Im weiteren Sinne rechnet man zum Hornmaterial noch die Hufe der Unpaarzeher, die Klauen der Paarzeher und die soliden Epidermisbildungen auf den Nasenbeinen der Rhinocerosarten hinzu. In ausgedehnter technischer Verwendung stehen insbesondere die Hörner des Rindes (Kuhhorn, Ochsenhorn), des Büffels, Schafes und der Ziege; die meist prächtig entwickelten Hörner der Antilopen (wozu auch unsere Gemse) werden selten verwendet, weil der Rohstoff nicht regelmässig zu haben ist[1]).

Die Hornsubstanz (Hornstoff, Keratin) bildet den wesentlichen Bestandtheil der Oberhautgebilde, wie der Haare, Nägel, Krallen, Hufe, Federn, Epidermiszellen etc. und ist je nach ihrem Ursprunge verschieden, so dass man besser von Keratinen spricht. Dieselben

[1]) Karmarsch und Heeren, Technol. Wörterbuch, Prag, 1878, Band IV, S. 224 und 429. — Autor in Lueger's Lexikon der gesammten Technik, V, S. 241.

sind sehr hygroskopisch, quellen in Wasser nur wenig und werden durch kochende Essigsäure gelöst. In Alkalien quellen sie auf und werden, darin gekocht, ebenfalls aufgelöst; sie enthalten 13—14 Procent Stickstoff und einige Procent Schwefel.

Die merkwürdigen technischen Eigenschaften der Hornmaterialien sind sowohl in der stofflichen Beschaffenheit, als auch in dem mikroskopischen Baue begründet. Zu den wichtigsten dieser Eigenschaften gehören Elasticität, Biegsamkeit, nicht unbedeutende Härte, Spaltbarkeit, vor allen aber das Erweichen in höherer Temperatur, welches ein Biegen, Pressen, Löthen oder Schweissen, mithin ein sehr weitreichendes Formen und eine vielseitige Verwendung gestattet.

Das eigentliche Horn ist hohl, gegen die Spitze massiv: dieser Theil, der aber von einem kleinen, schon makroskopisch sichtbaren Canal durchzogen wird, gibt die Hornspitzen des Handels, ein vielgebrauchtes Drechslermaterial für Pfeifenspitze etc. Die Hohlstücke heissen Hornschrot und dienen zu Kämmen, Laternenhorn, Wageschalen, Griffen, Beschlägen etc. Die Bearbeitung derselben beruht auf Erweichen des Hornes in heissem Wasser und über Feuer; eine höhere, meist gerne gesehene Transparenz wird durch Abschaben trüber Stellen, Einlegen in kaltes und heisses Wasser, Eintauchen in geschmolzenen Talg, Pressen mit heissen eisernen Platten erzielt. —

Die gangbarste Waare sind Ochsen- und Kuhhörner, deren Primaqualität zumeist von Südamerika kommt; geschätzt sind auch die grossen Hörner der ungarischen und galizischen Rinder; das Horn ist im Querschnitt rund.

Fester und feiner, daher auch besser polirfähig sind die dreikantigen Büffelhörner (Indien, Kleinasien, Rumänien, Ungarn), wegen der dunklen Farbe aber zu transparenten Objecten nicht tauglich.

Schafhorn ist transparent, zu Laternenhorn und Sonnenschirmgriffen geeignet, ebenso Ziegenhorn.

Hornabfälle (Hornspäne) werden zu Thierkohle verarbeitet, finden bei der Erzeugung von Blutlaugensalz, bei dem Verstählen des Eisens Verwendung und können durch heisse Pressung zu einer festen Masse vereinigt werden, die zur Herstellung von Knöpfen und Dosen dient. Durch Rösten oder Dämpfen erzeugt man daraus einen Stickstoffdünger; gedämpft bildet das Horn eine weiche elastische Masse, welche leicht zerreiblich ist und gemahlen als Hornmehl in den Handel kommt.

Wir wollen nun den mikroskopischen Bau[1]) des Hornes untersuchen. Zu diesem Behufe machen wir einen Querschnitt durch die Spitze eines Ochsenhornes, der in der Mediane des Hornes liegt, und legen denselben zuerst in Wasser. Bei geringer etwa 70facher Vergrösserung sehen wir nun den Centralcanal (Fig. 236, cm),

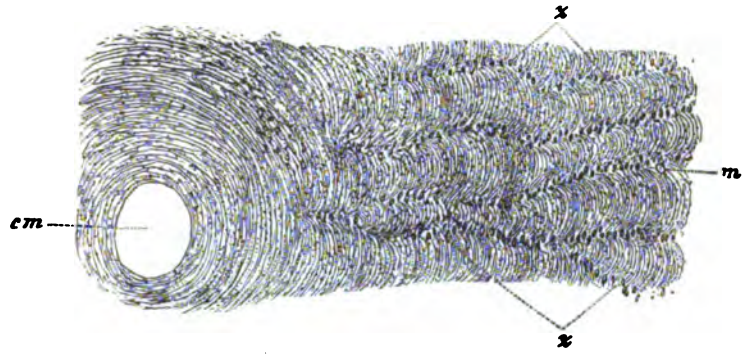


Fig. 236. Querschnitt durch die Spitze eines Hornes vom Rind, in Essigsäure (O. Nebeski). Vergr. ca. 70. — z braune Massen, m Markcanal, cm Centralcanal.

der die Hornspitze durchzieht, umgeben von concentrischen hellen Schichten, die zur Peripherie hin einen welligen Verlauf nehmen. Stellenweise findet man braune Fleckchen, oft ziemlich reichlich angehäuft, welche einem (ursprünglichen) Pigmentkörper gleichen, thatsächlich aber secundäre Zerfallsproducte der Hornzellen darstellen (Fig. 236, z).

Ferner findet man die Querschnitte kleiner Canäle, Markcanäle (Fig. 236, m), die aber erst nach Einwirkung von Essigsäure auf den Schnitt deutlich hervortreten.

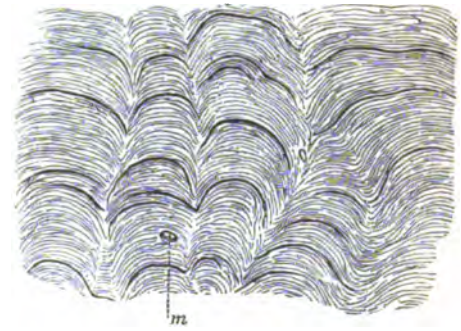


Fig. 237. Partie eines Querschnittes durch die untere Partie des soliden Horntheiles vom Rind, in Wasser (O. Nebeski). Vergr. ca. 70.

Der wellenförmige Verlauf der Schichten wird besonders deutlich an einem Schnitte sichtbar, den man von der unteren Partie der Hornspitze (des massiven Horntheiles) macht (Fig. 237); auch kann man ebenso verlaufende Spalten (die dunklen Linien in Fig. 237) be-

[1]) O. Nebeski, Beiträge zur histologischen Charakterisirung der Hornmaterialien. Elfter Jahresber. d. Wiener Handelsakademie 1883, S. 208—220.

obachten, die aber keine Schicht- oder Zuwachszonen darstellen. sondern auf eine secundäre Zerklüftung zurückzuführen sind.

Nun müssen wir uns über die Gewebselemente zu unterrichten suchen, welche die Schichtensysteme, mithin die Hauptmasse des Hornes zusammensetzen. Zu diesem Behufe behandeln wir einen dünnen Querschnitt mit Essigsäure und beobachten ihn unter einer etwa 300-fachen Vergrösserung.

Wir finden die Hauptmasse des Hornes aus schmalen, im Querschnitt zweieckigen oder elliptischen (von der Fläche gesehen breiten)

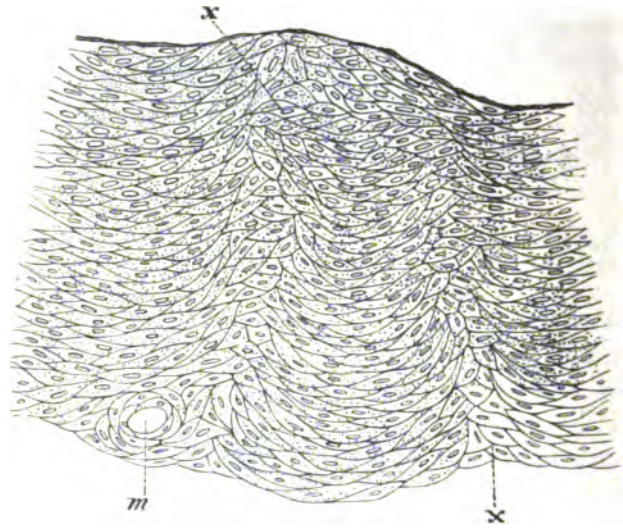


Fig. 238. Partie eines Querschnittes vom Innenrande des Büffelhornes (hohler Theil) in Essigsäure. (O. Nebeski.) Vergr. ca. 300. — m Markcanal, bei x Radialzüge der Hornzellen, zwischen welchen die flachen Hornzellen einen bogenförmigen Verlauf zeigen.

Plattenzellen gebildet, welche einen auffallend grossen, glänzenden Kern besitzen (Fig. 238). Noch schärfer und deutlicher, wenn auch stärker aufgequollen, erscheinen die Hornzellen in mit Kalilauge behandelten Präparaten. Die Anordnung der Zellen folgt der Oberflächenentwicklung des Hornes; nur wo Markcanäle auftreten, bilden die Zellen eine concentrische Schichtenzone.

Die Wellenstreifen oder -Schichten (Fig. 237) sind durch einen besonderen Verlauf der Hornzellen bedingt, der am Querschnitt prägnant hervortritt und in Fig. 238 (am Büffelhorn) gezeichnet ist: Am Innenrande des Hohlhornes beginnen Züge von schmäleren und höheren Zellen, die radial zum Aussenrande ziehen (bei x) und die zwischen den Zügen liegenden Plattenzellen derart beeinflussen, dass

die letzteren zu mehr oder weniger parallelen Bögen sich anordnen. Diese Bogenreihen sind am Rindshorn ausserordentlich deutlich entwickelt, fehlen am Büffelhorn mitunter und am Schafhorn fast immer oder sind nur sehr undeutlich wahrnehmbar.

Wir wollen uns noch über die Markcanäle informiren. Sowohl der Centralcanal (Fig. 236) als auch die viel kleineren Markcanäle umschliessen Gruppen von Zellen, die man aber nur im lebenden Horn ordentlich sehen kann; man bezeichnet dieselben als Papillen und fasst sie als Papillen der sog. Lederhaut (Cutis) auf, welche die zweite wichtigste Schicht der thierischen Haut bildet. Die Anordnung der Markcanäle ist eine vorwiegend radiale, der Verlauf schräge nach aussen, so dass sie durch den Querschnitt quer (Fig. 236, 238, m), durch den Radialschnitt der Länge nach und durch den tangentialen Schnitt schräg durchschnitten werden; am äusseren Rande des Hornes findet man viel mehr Kanäle durchschnitten, als am inneren, weil sie am äusseren Rande noch eine längere Strecke parallel zur Längsaxe des Hornes verlaufen.

Die Unterscheidung der einzelnen Hornarten ist eine sehr schwierige Sache, die noch weiterer mikroskopischer Untersuchung bedarf. Nebeski[1]) hat für die drei technisch wichtigsten Arten durch Vergleichung der Anzahl und Grösse der Markcanäle und der Deutlichkeit der Bogenreihen folgendes Schema aufgestellt:

	Bogenreihen der Zellen	Markcanäle
Rinderhorn	sehr deutlich	sehr spärlich (Durchmesser 18—46 μ)
Büffelhorn	deutlich bis fehlend	zahlreich (Durchmesser 20—60 μ)
Schafhorn	undeutlich bis fehlend	sehr zahleich und gross (Durchmesser 30—160 μ).

Die Rinderhufe bestehen ebenfalls aus Plattenzellen, die sehr stark quellbar sind; ferner sind in denselben sehr zahlreiche Markcanäle vorhanden.

b) Schildpatt.

Schildpatt oder Schildkrot[2]) sind die technisch verwendbaren Schilder oder Panzerplatten mehrerer Seeschildkröten, insbesondere der echten Karettschildkröte (Chelone imbricata, karaibisches Meer, Sulusee). Diese besitzt einen eiförmigen, schwach gewölbten Rücken-

[1]) l. c. S. 216.

[2]) Autor in Lueger's Lexikon der gesammten Technik, VII, S. 229.

panzer bis zu 1 m Länge, mit kräftigen Schildern oder Hornplatten und einen fast flachen Bauchpanzer, dessen Schilder viel schwächer entwickelt sind. Die Vertheilung der Rückenplatten ist folgende: Längs der Mittellinie liegen fünf Mittel- oder Wirbelplatten (meist scharf gekielt), zu beiden Seiten je vier Platten und im Umfange des Panzers 25 Randplatten, die wegen ihrer dicken klauenförmigen Gestalt „Klauen", „Füsse" oder „Nasen" genannt werden. Die Platten decken sich am hinteren Rande dachziegelartig. Die Platten des Bauchschildes liegen nur in zwei Reihen und werden nach der Körpergegend in Kehl-, Arm- oder Oberbrust-, Brust-, Bauch-, Unterbauch-, After- und Weichenplatten eingetheilt. Sowohl die Rücken- als auch die Randplatten und die der Bauchseite werden gegenwärtig in ausgedehnter Weise als ein edles Drechslermaterial verwendet.

Schildpatt ist fest, glatt, ausgezeichnet polirbar, sehr elastisch, in der Kälte etwas spröder als das Horn, besitzt aber einen viel stärkeren Glanz und lässt sich so vollkommen zusammenschweissen (löten), dass beliebig grosse Stücke hergestellt, zerbrochene Gegenstände tadellos ausgebessert und auch die Abfälle wieder verwerthet werden können. Rücken- und Bauchschilder sind nicht nur durch die Stärke (Dicke), sondern auch durch die Färbung verschieden. Erstere erscheinen gefleckt, d. h. auf düster grünlich- bis schwarzbraunem Grunde flammig gezeichnet, indem von einer Stelle, in der Regel vom hinteren Winkel des einzelnen Schildes aus, lichtere, durchsichtige, rosaröthlich, ledergelb und ähnlich gefärbte Streifen auslaufen, welche unter Umständen sich so verbreitern können, dass die ursprünglich dunkle Färbung des Schildes als Zeichnung erscheint (Brehm).

Als besonders werthvoll gilt das schwarzgelb getigerte ostindische Schildpatt; diesem folgt oder ist gleich bewerthet das chinesische, während das eigenthümliche rothgelb geflammte westindische und das rothbraun verschwommene, kleine lichte Flecke zeigende ägyptische Schildpatt im Werthe stark zurückstehen. Gegenwärtig ist das blonde oder reingelbe Schildpatt, aus den Rand- und Bauchplatten hergestellt, besonders beliebt. Auch die einzelnen Platten des Rückenschildes geben noch gewisse Werthabstufungen. Die zwei mittleren Seitenplatten jeder Seite überragen alle an Grösse und Dicke und heissen die Hauptplatten; dann folgen in der Bewerthung die beiden vorderen Seiten-, die beiden hinteren „Spitz"-, die vier gekielten Rückenplatten und die fünfeckige Kopfplatte.

Auch die Platten der Riesenschildkröte und die der gemeinen Karettschildkröte dienen als Schildpatt; erstere sind ein-

färbig und werden meistens künstlich gefärbt. — Die Zurichtung des Schildpattes erfordert ein Reinigen durch Schaben oder Abschleifen mit Glas- oder Sandpapier; damit die Platten ihre natürliche Krümmung oder Wölbung verlieren, werden sie in erwärmtem Zustande zwischen den ebenfalls erwärmten Metallbacken einer Schraubenpresse leicht gepresst und in der Presse erkalten gelassen. Schildpatt hat eine umfangreiche Verwendung zu Dosen, Kämmen, Haarnadeln, Fächerblättern, Augengläserfassungen, Fournirblättern, Knöpfen und zahlreichen Galanterieartikeln. Die verschiedenen Nachahmungen des Schildpattes sind mikroskopisch leicht von dem echten zu unterscheiden.

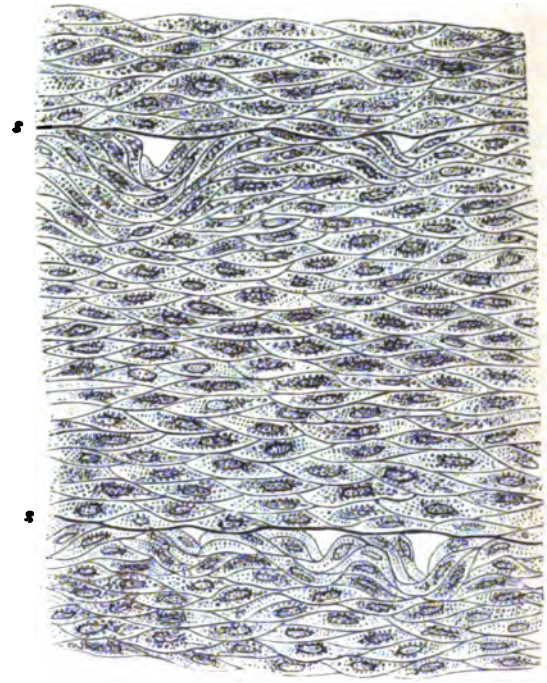


Fig. 239. Querschnitt durch Schildpatt, erst in Wasser liegend gezeichnet, dann die Schichtgrenzen (s) nach Behandlung mit Kalilauge eingetragen (O. Nebeski). — Vergr. ca. 500.

Zum Unterschiede von Horn kann man den mikroskopischen Bau des Schildpattes[1]) schon an Präparaten erkennen, die in Wasser liegen; denn die das Schildpatt zusammensetzenden Hornzellen sind sehr scharf contourirt, messen 32 bis 55 μ in der Länge und etwa 5—9 μ in der Dicke; sie sind wie die des Hornes echte Plattenzellen mit je einem glänzenden, scheibenförmigen Kern und (in den dunklen Partien) mit zahlreichen Pigmentkörnern. In verdünnter Essigsäure quellen sie nur sehr wenig, mehr in starker Kalilauge; hiebei wird eine deutliche Schichtung sichtbar, indem eine etwa 10—20 Zellen mächtige Lage sich scharf von der darüberstehenden abhebt (Fig. 239, s). Dem Schildpatt fehlen die Markcanäle. Durch dieses negative

[1]) O. Nebeski, l. c. S. 208—210.

Kennzeichen, sowie durch die gleichmässige Lagerung und scharfe (schon in Wasser sichtbare) Abgrenzung der Zellen ist das kleinste Stückchen Schildpatt von Horn leicht zu unterscheiden.

Zur Nachahmung des Schildpatts dienen Laternenhorn, Gelatine, entkalktes Elfenbein, Celluloid etc. Dem Horn ertheilt man durch Färbung mit einem Brei aus Kalk, Pottasche, Graphit und Eisenroth (Kolkothar, $F_2 O_3$), oder durch Verbrennen von Schwefelblumen, die man auf das Horn gestreut hat, das Aussehen von Schildpatt.

c) Schwarzes Fischbein.

Das schwarze Fischbein (baleine, Whale-bone, Whale-fins) besteht aus den am Gaumen des grönländischen Bartenwales (Balaena mysticetus) sitzenden dreieckigen, selten viereckigen, in Querreihen angeordneten Hornplatten, den sog. Barten[1]). Eine geringere gleichmässig dunkelgefärbte Sorte liefert der Finnfisch (Physalus antiquorum = Megaptera boops).

Jede einzelne der schwarzbraunen bis schwarzen, an der Basis grünlichgrau gefärbten, an den Breitflächen glatten, an der grössten Längsseite in Fasern aufgelösten Hornplatten richtet sich quer gegen das Pflugscharbein; ihre Zahl beträgt 300—600 mit einem Gesammtgewicht von 750—1600 kg; man spricht auch von 2500 kg. Die Länge der Barten ist je nach dem Alter des Thieres und der Stellung der Barte im Gaumen verschieden und kann 1,5 bis 4 m betragen; die in der Gaumenmediane stehenden sind am längsten. Vergleicht man solche Platten mit einem Dreiecke, so ist die längste Kathete desselben am Gaumen angeheftet, die Hypotenuse nach unten in die Fasern aufgelöst und die kürzeste Kathete vom Oberkieferrande aus senkrecht nach unten geschichtet (Brehm).

Die technische Verwendbarkeit des Fischbeins gründet sich auf seine hohe Elasticität, bedeutende Zugs- und Bruchfestigkeit, Härte und seine ausgezeichnete, fast unvergleichliche Theilbarkeit in der Längsrichtung, in Bezug welcher es das best spaltbare Holz weit übertrifft. Allerdings kann unter Umständen diese Eigenschaft wegen des Zerspleissens beim Gebrauch zum Nachtheil gereichen.

Die vom Wale ausgeschlagenen und von anhängendem Speck und Hauttheilen gereinigten Barten werden in Päcke zu 10—12 Stück oder auch schon der Länge nach gespalten versendet. In den Fischbeinreissereien werden sie von den Fasern, die wieder als

[1]) Autor in Lueger's Lexikon der gesammten Technik, Band IV, S. 273.

Rosshaarersatz gebraucht werden, befreit und in möglichst lange Stücke zersägt. Zur weiteren Verarbeitung wird das Object in heissem Wasser erweicht, in den Schraubstock gespannt, mit eigenen Messern zu verschiedenen Nutzstücken zersplissen: 1. zu viereckigen Stäben als Schirmfischbein; 2. zu flachen Stücken als Schneiderfischbein zu Miedern und bis 3—4 cm Breite zu Blankscheiten[1]); 3. zu dünnen Ruthen zum Einlegen in Damenhüte; 4. zu Stöcken, Reitpeitschen, feiner Korbwaare, Galanterieartikeln. Die Schabespäne dienen ebenfalls als Ersatzmittel des Rosshaares.

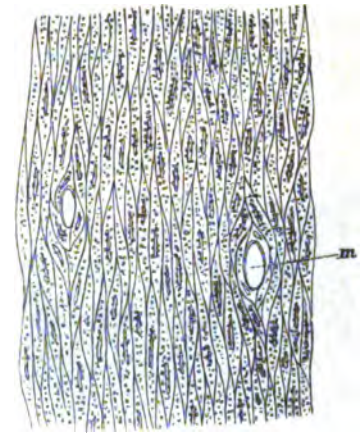


Fig. 240. Querschnitt durch die Aussenlamelle des schwarzen Fischbeines (O. Nebeski). Vergr. ca. 300.

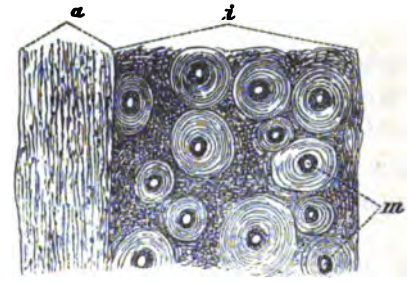


Fig. 241. Querschnitt durch eine Barte des grönländischen Bartenwales (die rechte Aussenlamelle fehlt), in Wasser (O. Nebeski). a linke Aussenlamelle, i Mittelschicht, m Canäle der Hornröhrchen. Vergr. ca. 70.

Der mikroskopische Bau[2]) des Fischbeins ist der eines Horngebildes. Wir finden wieder die Grundmasse desselben von den plattenförmigen, gekernten Hornzellen zusammengesetzt und ausserdem noch zahlreiche Markcanäle. Durch die besondere Anordnung der Hornzellen wird eine auffallende Verschiedenheit in dem Baue der peripherischen Schichten und der Mittelzone einer Barte hervorgerufen. Die beiden äusseren ziemlich dünnen Lamellen, die man am Querschnitt wahrnimmt (Fig. 241), sind heller und gleichmässiger, die Mittelschichte ist dunkel und lässt mit der Lupe zahlreiche Poren erkennen. Die Aussenschichten werden von grossen dünnen Plattenzellen (Länge 60—90 μ, Dicke 2—3 μ) zusammengesetzt, deren Contouren nach Zusatz von Essigsäure oder Natronlauge deutlich hervor-

[1]) Die grösste Verwendung fand das Fischbein in der Zeit des Rokoko, in welcher die mächtigen Reifröcke und die panzerartigen Schnürbrüste der Damen enorme Mengen benöthigten.

[2]) O. Nebeski, l. c. S. 217.

treten, auch werden sehr kleine, zur Längsaxe der Barte parallel verlaufende Markcanäle sichtbar (Fig. 240). Die Mittelschicht der Barte (Fig. 241, i) besteht aus zahlreichen längsläufigen Cylinderchen oder Röhrchen[1]), welche von concentrisch angeordneten Plattenzellen gebildet werden und in ihrem Hohlraume Bindegewebspapillen enthalten; es sind hier somit die Markcanäle besonders gut charakterisirt (Fig. 241, m). Merkwürdig ist, wie Nebeski hervorhebt, dass nur die zwei oder drei den Canal unmittelbar umgrenzenden Zelllagen reichlich pigmentirt sind (Fig. 241, m), so dass der Querschnitt der Canäle dunkel gerändert erscheint.

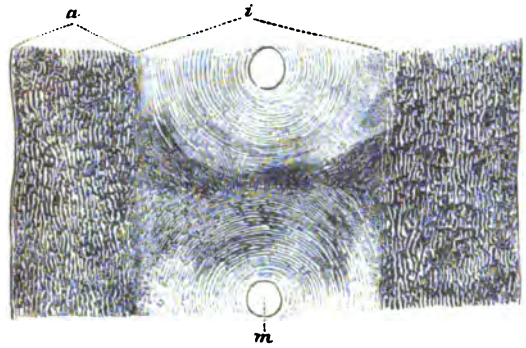


Fig. 242. Querschnitt durch eine Barte des Finnwales in Wasser (O. Nebeski). a Aussenlamelle, i Mittelschicht, m Canal des Hornröhrchens. Vergr. ca. 70.

Die Barten des Finnfisches (Fig. 242) sind ebenfalls aus drei Schichten gebildet; die äusseren sind durch ausserordentlich massenhafte Pigmentanhäufungen (Fig. 242, a) dunkel und von denen des Bartenwales leicht zu unterscheiden; noch auffälliger ist der Unterschied in der Mittelschicht, welche nur eine einzige mediane Reihe von Hornröhrchen (Fig. 242, i) besitzt und deren innerste Zellreihen nicht besonders stark pigmentirt sind.

Ueber das aus Stuhlrohr erzeugte Surrogat des Fischbeines s. S. 235.

Neuntes Capitel.

Mikrochemische Analysen.

Schon Harting hat im 2. Theile seines Werkes über das Mikroskop (1866) die Anwendung des Mikroskops zum Studium der krystallischen Bildungen empfohlen, welche aus Lösungen verschiedener Salze, wie des Calciumcarbonats, des Calciumoxalats, des Baryumsulfats, ausgefällt werden. Ein Jahr darauf erschien Wiesner's Einleitung in die technische Mikroskopie, in welcher eben-

[1]) Man kann diese „Hornröhrchen" als den Haaren homologe Gebilde ansehen.

falls die mikroskopische Untersuchung unorganisirter Substanzen und zwar nach verschiedenen Seiten (Krystallographie, Bestimmung der Brechungsexponenten u. s. w.) behandelt worden ist. Den grössten Vortheil bietet die mikrochemische Untersuchung, welche gleich der chemischen Analyse im Laboratorium mit Hilfe von Reactionen, Färbungen, Niederschlägen, Gasentbindungen und Bestimmung der Krystallgestalten, die Zusammensetzung von chemischen Körpern festzustellen vermag.

Wir haben schon vielfältig von solchen mikrochemischen Analysen in den vorigen Capiteln Gebrauch gemacht. Um zu erfahren, ob die in einem Pflanzengewebe vorkommenden Krystalle aus einem Kalksalze bestehen, behandelten wir dieselben mit verdünnter Schwefelsäure, um die Bildung von Gypsnadeln hervorzurufen; an dem Knochen konnten wir das Vorhandensein eines Carbonates mittelst Salzsäure nachweisen, welche Gasbildung und somit die Entweichung der Kohlensäure verursachte. Aber erst seitdem die Petrographen die Gesteinsanalyse mikrochemisch vorzunehmen begannen, hat diese Untersuchungsmethode grosse Erfolge aufzuweisen und einen hohen Werth erlangt.

Der technische Mikroskopiker, der zwar hauptsächlich den organisirten Rohstoffen seine Arbeit widmet, kommt aber doch mitunter in die Lage, krystallische Niederschläge aus einem mikroskopischen Präparat auf ihre Hauptbestandtheile bestimmen zu müssen. Schon wenn er seine Reagentien gebraucht, treten ihm Krystallbildungen nicht selten vor Augen.

Es ist nicht in dem Plan dieses Werkes gelegen, eine umfassende und zur systematischen Untersuchung brauchbare Bearbeitung dieses Zweiges der mikroskopischen Forschung zu bieten; denn diejenigen, welche sich ausführlich damit beschäftigen wollen, müssen die Specialwerke zum Studium heranziehen. Es sei hiebei besonders auf die Arbeiten von Haushofer[1]), Klément et Rénard[2]), Lehmann[3]) und H. Behrens[4]) hingewiesen; am vollkommensten hat H. Behrens

[1]) K. Haushofer, Mikroskopische Reactionen, eine Anleitung zur Erkennung verschiedener Elemente und Verbindungen unter dem Mikroskop. Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1885.

[2]) C. Klément et A. Rénard, Reactions microchimiques à cristaux et leur application en analyse qualitative. Bruxelles 1886.

[3]) O. Lehmann, Die Krystallanalyse oder die chemische Analyse durch Beobachtung der Krystallbildung mit Hülfe des Mikroskops. Leipzig, W. Engelmann, 1891.

[4]) H. Behrens, Anleitung zur mikrochemischen Analyse. Hamburg und Leipzig, L. Voss, 1875.

diese Methode aufgebaut und auch eine treffliche Anleitung [1]) zur Anfertigung von Dauerpräparaten, zur Sublimirung und Krystallisation veröffentlicht.

Der Methoden zur Bestimmung der Identität, der Zusammensetzung oder der Prüfung auf Verunreinigung gibt es mehrere. Wir haben zunächst die vergleichende Krystallanalyse [2]), die darin besteht, dass zwei Substanzen nicht getrennt neben einander untersucht werden, sondern so, dass sie sich neben einander oder durch einander aus derselben Flüssigkeit, die ein Schmelzfluss oder eine Lösung sein kann, ausscheiden. Diese sowie die anderen Methoden

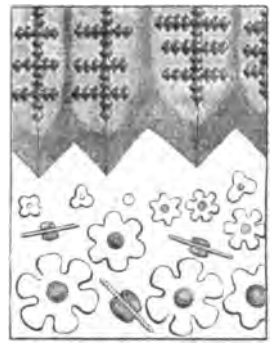


Fig. 243. Schmelzprobe mit Bleinitrat und Salpeter (Lehmann).

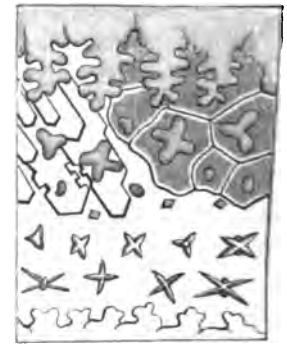


Fig. 244. Schmelzprobe mit Jodsilber und Jodkalium (Lehmann).

gründen sich fast durchwegs auf die Krystallisationsfähigkeit der betreffenden Substanzen; amorphe Niederschläge oder ebensolche Schmelzproducte haben für die Bestimmung meist nur wenig Werth.

Um die Schmelzprobe bequem durchzuführen, wird auf den Objectträger ein Körnchen der einen Substanz aufgebracht, mit dem Deckglas bedeckt und vorsichtig geschmolzen. Für ausgedehnte und häufig vorzunehmende Untersuchungen empfiehlt es sich, das Mikroskop für die Erwärmung mittelst eines kleinen Gasflämmchens einzurichten, das unter die Oeffnung des Mikroskoptisches geschoben und rasch wieder entfernt werden kann [3]). Hierauf wird das Körnchen einer zweiten Substanz an den Deckglasrand gebracht und geschmolzen; die Schmelze dringt unter das Deckglas und kommt mit der ersten Substanz in Berührung.

---

[1]) H. Behrens, Mikrochemische Technik, Hamburg und Leipzig, L. Voss, 1900.

[2]) Lehmann, l. c., Einleitung.

[3]) S. Abbildung in Lehmann, l. c. S. 5, Fig. 1 und S. 6, Fig. 2.

Nun können verschiedene Fälle eintreten, von welchen wir zwei der prägnantesten hervorheben. Behandelt man in der angegebenen Weise ein Körnchen von Bleinitrat und Salpeter, so findet man, nachdem die beiden Schmelzen sich berührt haben und wieder im Begriffe sind zu erstarren, dass das Bleinitrat schöne, in einer trüben Masse liegende Krystallskelette aus winzigen Oktaëdern bildet, während der Salpeter in hexagonalen Sternchen, die vollkommen frei sind, auftritt (Fig. 243). Die Contactzone der ursprünglichen Schmelzen bleibt länger flüssig, geht dann in eine trübe oder glasige amorphe Masse über und die gebildeten Krystalle wachsen über die Contactzone nicht hindurch. Einen anderen Fall repräsentirt die Schmelzprobe von Jodsilber und Jodkalium (Fig. 244). Wir haben wieder drei Zonen; oben sehen wir die plumpen, gelben Krystalle des Jodsilbers, unten die Krystalle des Jodkaliums, in der Mittelzone eine dunkelbraune Masse, in der (auf der linken Seite der Fig. 244) tafelförmige Krystalle von sechsseitigem Umriss auftreten, die eine neue Verbindung darstellen.

Die Lösungsprobe[1]) stützt sich auf den Vergleich der Krystallbildungen aus Lösungen und umfasst wieder mehrere Fälle. Zur Präparation fügt man dem auf dem Objectträger befindlichen Körper das Lösungsmittel hinzu und erwärmt; nachdem alles aufgelöst ist, gibt man noch ein Stückchen der Substanz hinzu oder dunstet ab, bis einige Theilchen noch ungelöst bleiben; hierauf bringt man die zweite Substanz unter das Deckglas und erwärmt wieder. Als Beispiel diene Silbernitrat und Salpeter. Auf der Salpetersäureseite finden wir rhomboëdrische Skelette, auf der Silbernitratseite undeutliche Krystalle, in der Mischzone entstehen endlich rechteckige Tafeln eines Doppelsalzes (Fig. 245).

Fig. 245. Lösungsprobe mit Silbernitrat und Salpeter (Lehmann).

Weit wichtiger sind die Einzelprüfungen mit chemischen Reagentien, die uns gestatten, ein Element mittelst einer krystallisirenden Verbindung nachzuweisen. Es bedarf einiger Erfahrung, um die richtige Menge des zu verwendenden Reagens ausfindig zu machen; in vielen Fällen erhält man keine deutlichen Krystalle, sondern undeutliche Aggregationen, und man wird den Versuch öfters wiederholen müssen. Die oben angegebene Literatur gibt darüber ausführliche Auskunft.

---

[1]) Lehmann, l. c. S. 18.

Im Folgenden sollen einige Beispiele solcher mikrochemischer Reagentien für einige bekannte Stoffe mitgetheilt werden.

Aluminiumverbindungen. Zum Nachweise der Thonerde bedient man sich nach Behrens des Caesiumchlorids, welches aus der als Sulfat gelösten Probe Krystalle von Caesiumalaun aus-

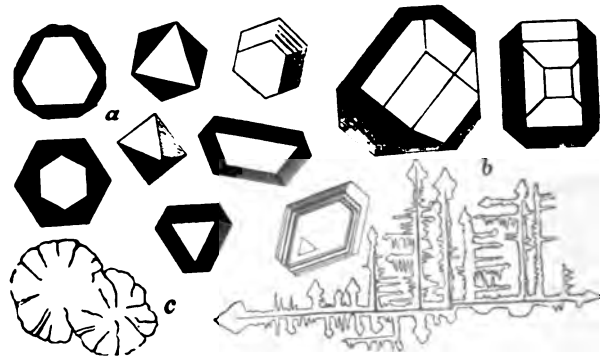


Fig. 246. Nachweis der Thonerde: Caesiumalaun, rechts Dendriten bei mehr als 1 Proc. Al. (Haushofer).

fällt. Behrens beschreibt die Probe folgendermassen: „Der Probetropfen wird mit einem Tröpfchen Schwefelsäure abgedampft, der Rückstand in wenig Wasser gelöst und nahe am Rand ein Körnchen Caesiumchlorid zugesetzt. Die richtige Concentration ist von wesentlicher Bedeutung für das Gelingen des Versuches. Ist mehr als 1 Procent Aluminium zugegen, so entstehen sogleich um das Caesiumchlorid rechtwinklige Dendriten. Es muss dann an dieser Stelle ein Tröpfchen Wasser zugefügt werden. Mit weniger als 0,2 Procent Aluminium hält es schwer, gute Krystalle zu bekommen.... Die Krystalle des Caesiumalauns sind schöne farblose Oktaëder."

Fig. 247. Baryumsulfat aus concentrirter Schwefelsäure (Haushofer).

Man kann auch Caesiumsulfat verwenden (Fig. 246).

Baryum. Das Baryumsalz (Baryumsulfat, Schwerspath) wird in concentrirter Schwefelsäure gelöst, ein heisser Tropfen auf das Objectglas gebracht und erkalten gelassen; es scheiden sich sehr kleine rectanguläre Täfelchen (Fig. 247, a) aus, bei Sättigung der Schwefelsäure mit dem Salze treten x-förmige Krystallskelette (Fig. 247, b) oder auch verkümmerte dreizackige Formen (Fig. 247, c) auf.

Calcium. Der Nachweis des Ca geschieht zumeist als Calciumsulfat mit 2 Molekülen Wasser, d. i. als Gyps. Die Krystallgestalten

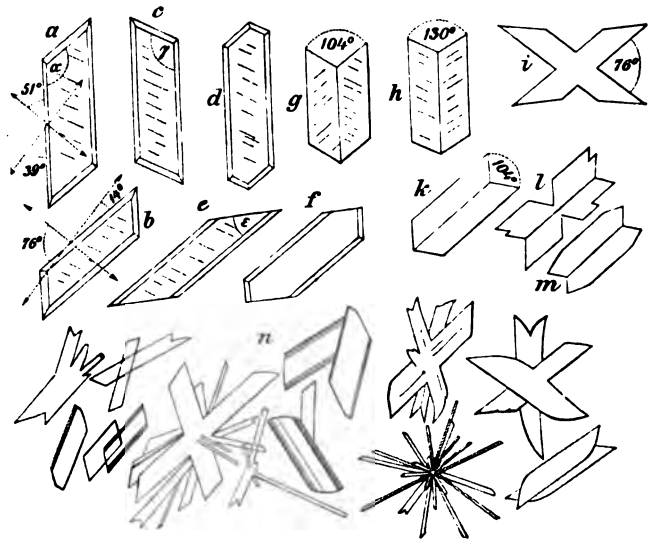


Fig. 248. Gyps (Haushofer). Die beiden oberen Reihen stellen schematische Figuren zur Erklärung der unten gezeichneten Niederschlagskrystalle dar. a und b = (010) (110) (111), c = (010) (110) (111), d = (010) (110) (111) (111), e mit fehlendem (110), f mit wenig entwickeltem (110), g, h, i, l, Zwillingsverwachsungen nach (100) und (101).

des Gypses treten auch in den mikroskopischen Formen auf, so die bekannteste Form: (010) (110) (111) und die Schwalbenschwanzzwil-

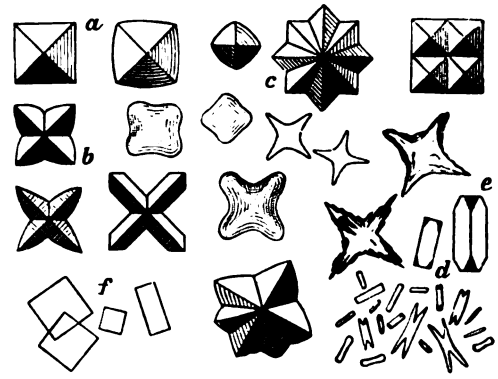


Fig. 249. Calciumoxalat, kalt gefällt (Haushofer).

linge; ferner findet man Nadeln und sternförmige Aggregate, die bei rascher Ausscheidung auftreten (Fig. 248).

Das Calciumoxalat, das in Pflanzengeweben so ungemein häufig

auftritt, krystallisirt bei grösserem Wassergehalt ($CaC_2O_4 + 3H_2O$) tetragonal, wasserärmer ($CaC_2O_4 + H_2O$) monoklin. Man er-

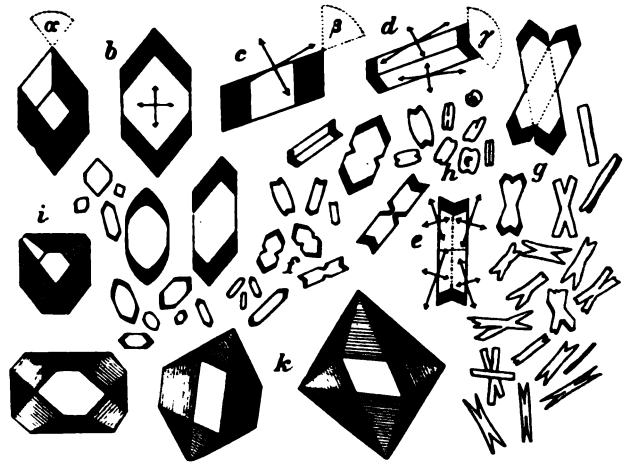


Fig. 250. Calciumoxalat, heiss gefällt, monoklin (Haushofer). b = (001) (110) (010). a zeigt den Habitus des Rhomboëders = (001) (110), d Zwilling, Zwillingsebene = (001). d—h Zwillinge, k oktaëderähnlicher Krystall gebildet durch die nahezu im Gleichgewicht entwickelten Flächen (110) (001) (101), i Uebergangsform z, k.

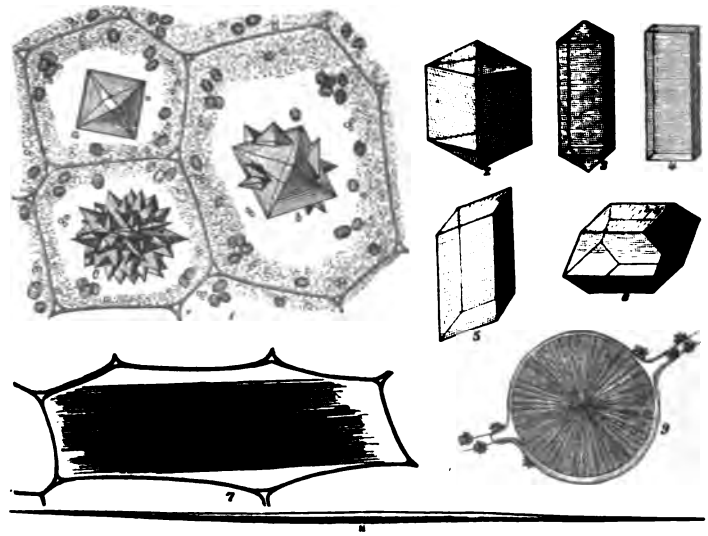


Fig. 251. Calciumoxalatkrystalle in Pflanzengeweben (Kny). — 1 Einige Zellen aus dem Blattstiel einer Begonie; 2—4 tetragonale, 5—6 monokline Krystallformen, 7—8 Krystallnadeln (Raphiden) aus den Zellen der Wasserlinse (Lemna), 9 Sphärokrystall aus dem Mycel eines Pilzes (Phallus).

erhält tetragonale Krystalle, wenn man neutrale oder ammoniakalische Calciumlösungen mit Oxalsäure bei gewöhnlicher Zimmertemperatur

fällt. Die Krystalle (Fig. 249) sind flache, quadratische Pyramiden, oft nur Skelette und auch sternförmige Verwachsungen. Aus heisser Lösung erhält man die monoklinen Krystalle = (001) (110) (010) (Fig. 250, b) und noch weitere Combinationen, sowie Zwillingsformen

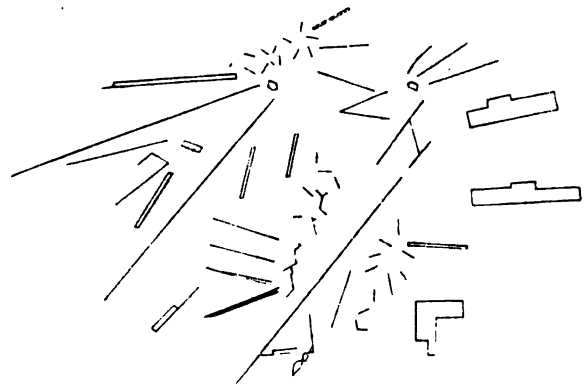


Fig. 252. Wasserstoff-Goldchlorid in kurzen Zickzackstäbchen, Stabprismen und rechtwinkeligen Tafeln. Vergr. 400.

(Fig. 250, d, e, f, g, h). Die häufigsten Krystallformen, in welchen das Calciumoxalat in Pflanzengeweben auftritt, sehen wir in Fig. 251 abgebildet; wir haben auch schon früher oft Gelegenheit gehabt,

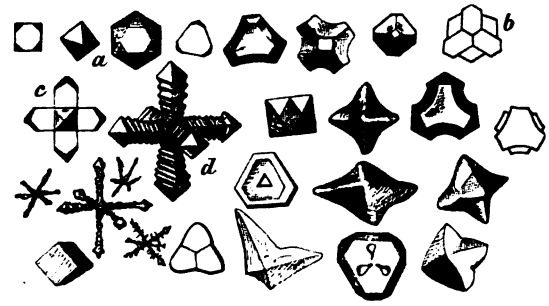


Fig. 253. Kaliumplatinchlorid (Haushofer). a Oktaëder, b und c drei- und viergliedrige Gruppen, d oktaëdrische Skelette.

z. B. bei der Veilchenwurzel, der Quillajarinde, dem Baumwollsamen u. s. w. diese Krystallformen zu beobachten.

In den Pflanzengeweben kommt das Calciumoxalat sowohl tetragonal (Fig. 251, 2—4), als monoklin (5—6) vor; wir finden Einzelkrystalle, Krystallgruppen (sog. Krystalldrusen, eine Bezeichnung, die nach der mineralogischen Krystallographie nicht richtig ist), Krystall-

nadeln (Raphiden), Krystallsand (vergl. Mohnsamen) und selbst Sphärokrystalle.

Gold. Eine Goldtrichloridlösung, die etwas stärker als 3proc. ist, bildet mit concentrirter Salzsäure charakteristische Krystallformen. Lässt man einen Tropfen derselben zu einem Tropfen Salzsäure treten, so schiessen beim Verdunsten theils sehr kurze, zickzackartig angeordnete, theils auffallend lange gelbe Stäbchenprismen (aber niemals fein spitze Nadeln), sowie zahlreiche Tafeln mit rechtwinkligen Vorsprüngen an (Fig. 252); die hier sich neu bildende Verbindung ist Wasserstoff-Goldchlorid ($AuCl_4H.4H_2O$)[1]. Ebenso charakteristisch ist die Reaction mit Chlornatrium auf Goldchlorid; es bilden sich neben Kochsalzkrystallen blassgelb flache Prismen des rhombischen Systems.

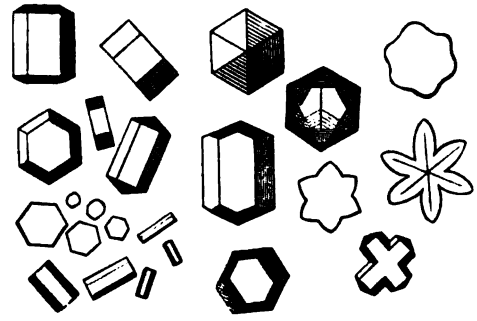


Fig. 254. Kieselfluornatrium (Haushofer).

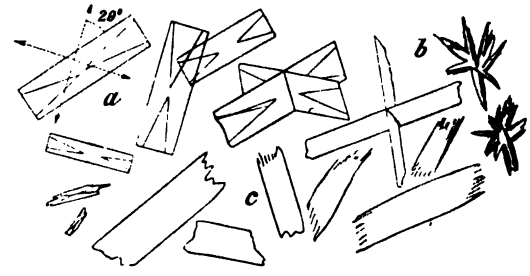


Fig. 255. Silberformiat (Haushofer).

Viel schärfer ist der Nachweis auch sehr geringer Mengen von Gold mit Zinn (Stanniolstreifen), wobei bekanntlich eine Purpurfärbung entsteht.

Kalium. Das neutrale Kaliumsulfat (K_2SO_4), das in rhombischen Krystallen auftritt, findet man häufig als Nebenproduct bei einschlägigen Reactionen. Sehr geringe Mengen Kalium lassen sich mit Platinchlorid nachweisen, indem dieses mit Kalium das tesserale

[1] Autor, Zur histochemischen Kaffeïnreaction. Zeitschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver. 1891, XXIX, S. 606—608.

Kaliumplatinchlorid (Fig. 253) bildet. Es treten Oktaëder und Hexaëder sowie Oktaëderskelette (d), und 3—4gliedrige Krystallgruppen auf (b, c).

Natrium. Wenn Kieselfluorwasserstoffsäure auf Natronsalze oder Fluorwasserstoffsäure auf Natronsilicate einwirkt, entsteht Kieselfluornatrium (Natriumfluorsilicat)[1]), das hexagonal krystallisirt, in sechsseitigen Protoprismen mit Proto- und Deuteropyramiden, in Tafeln und in Skeletten auftritt (Fig. 254).

Fig. 256. Calciumcitrat, a von oben, wetzsteinförmig, b von der Seite, garbenförmig.

Ameisensäure. Diese lässt sich als Silberformiat HCO_2Ag nachweisen. Wird ein ameisensaures Salz mit Silbernitrat versetzt, so erhält man rectanguläre Tafeln, die nach längerer Einwirkung in feine Fasern oder Fransen auswachsen (Fig. 255).

Citronensäure. Ist nur als Calciumcitrat nachzuweisen, indem man eine mit Natronlauge neutralisirte Lösung von Citronensäure mit Chlorcalcium kocht; hiebei setzen sich wetzsteinförmige, auf der Seite garbenförmig aussehende Krystallcomplexe ab (Fig. 256).

---

[1]) Haushofer, l. c. S. 98; Behrens, Anleitung etc., S. 32.

Sachregister.

A.

Abaca 89.
Aberration, chromatische 5.
— sphärische 5.
Abies alba 195.
— pectinata 195.
Acacia decurrens 263.
— homalophylla 219.
Acajouholz 220.
Acajou femelle 202.
Acer campestre 212.
— platanoides 212.
— pseudoplatanus 212.
Achaenium 311.
Adansonia 112.
Adenanthera pavonina 221.
Aedemone mirabilis 232.
Aeschynomene aspera 232.
Aesculus hippocastanum 217.
Aether 22.
Agallocheholz 221.
Agave americana 91.
— elongata 92.
— mexicana 91.
— rigida 92.
— Sisalana Mill 91.
— vivipara 91.
Ahornhölzer 212.
Ailanthus glandulosa 202.
Ailanthusspinner 138.
Akazie, unechte 203.
Alant 43.
Albumen 316.
Alerze 200.
Aleuritis triloba 401.
Aleuronschicht 320, 325.
Alexenbaum 208.
Alfafaser 106.
Algaroba 221.
Algodansbaum 368.
Alkanna tinctoria 249.
Alkannaroth 249.
Alkannawurzel 249.
Alkannin 249.
Alkohol 22.
Alnus glutinosa 211.
— incana 211.
Aloëfaser 94.
Aloëholz 221.
Alpaca 130.
Alpaco 127.
Aluminiumverbindungen 436.
Amarantholz 221.
Ambareefiber 78.
Ameisensäure 441.
Ammoniak 22.
Amygdalus communis 208.
Amylodextrin 31.
Amyloid 51.
Amylose 29.
Analysator 15.
Analyse, mechan.-mikrosk. 343.
— von v. Weinzierl 343.
Analysen, mikrochemische 432.
Andira Aubletii 221.
— inermis 221.
Angorawolle 123.
Anilinsulfat 22.
Apertur 13.
— numerische von Abbé 13.
Apfelbaum 216.
Apocynaceenhaare 64.
Apocynumfaser 51.
Aprikose 208.
Aquilaria 221.
Arachis hypogaea L. 384.
Aralia papyrifera 113.
Arena Mahagoni 220.
Aria nivea 215.
Arillus 313.
Arve 199.
Aschantinüsse 384.
Asclepiadaceenhaare 64.
Aspe 217.
Asperlholz 215.
Aspidosperma 220.
Assimilationsstärke 27.
Atlas 147.
Aufbau der Stärke 28.
— stockwerkartiger d. exot. Laubhölzer 189.
Autochthone Stärke 27.

B.

Bädner Weichsel 208.
Bagasse 112.
Balaena mysticetus 430.

Balaine 430.
Balausta 311.
Balg 309.
Bambus, Bambusrohr 222.
Bambusa arundinacea 222.
Bambussprossen 112.
Bananenfaser 89.
Bancoulnusskuchen 401.
Bandala 89.
Baphia nitida 231.
— pubescens 231.
Barten 430.
Bartenwal 430.
Barwood 231.
Baryum 436.
Baryumsalz 436.
Baryumsulfat 436.
Basthanf 72.
Bästling 72.
Basttheil 238.
Bataviaköper 147.
Baumbastpapiere 113.
Baumheide 214.
Baumwolle 52.
— halbreife 58.
— reife 58.
— todte 58.
— Hauptsorten 55.
— (Mikroskopie) 54.
Baumwollhadern 104.
Baumwollsaatmehl, deutsches 361.
Baumwollsame (Anatomie) 362.
Baumwollsamenkuchen 361.
Baumwollsamenmehl 361.
Beaumontia grandiflora Wall. 66.
Beefwood 220.
Beere 310.
Bein, Beinarbeit 412.
Beissbeere 347.
Beleuchtungsapparat 7, 11.
— Abbé'scher 7, 11.
Berberis vulgaris 207, 229.
Berberitze 207.
Bergahorn 212.
Berichtigungen und Zusätze 456.
Besenginster, deutscher 81.
Bestimmungsschlüssel d. Nutzhölzer 195.
Betula alba 215.
Bhabur-Grass 106.
Bildzeichnung 7.
Bird eye 213.
Birke 215.
Birnbaum 216.
Blankscheit 431.
Blatt, anatomischer Bau 25.
Blätter 279.
— bifaciale 26.
— homogen-centrische 26.
— isolaterale 25.
Blattgrünkörner 26.
Blattspurstränge 275.
Blauholz 229.
Bleinitrat 435.
Bleistiftholz 197.
Blendung 9.
Blüthen (Blüthentheile) 292.
Blutholz 229.
Boehmeria nivea 84.
Bogenstranghanf 94.
Bohnenstärke 42.
Bois de Chypre 219.
Bois d'Inde 229.
Bois de perdrix 218, 220.
Bois de rose femelle 221.
Bois pourpre 221.
Bombaceenhaare 63.
Bombax Ceiba L. 64, 368.
— heptaphyllum L. 63.
— malabaricum 64, 368.
Bombaxwolle 63.
Bombayhanf 79.
Borke 270.
Borsten 113.
Bösling 72.
Brasilein 231.
Brasilholz, gelbes 223.
Brasilienholz, echtes 231.
Brasilin 231.
Brassica Napus L. 388.
— Rapa L. 388.
Braunholz 229.
Brennhaare 47.
Brennessel, gemeine 83.
Brockenstärke 23.
Broussonetia tinctoria 223.
— Kämpferi 86.
— papyrifera 86.
Bruchweide 187.
Bruyère 214.
Brya ebenus 221.
Bucheckernkuchen 392.
Büchelkuchen 392.
Buchnusskuchen 392.
Buchs, australischer 220.
— echter 219.
— westindischer 220.
Büchse 309.
Buchsbaum 214.
Buchsholz 214.
Buchweizenstärke 39.
Büffelhorn 424.
Bulbous 106.
Bully tree 220.
Bursera 221.
Buxus sempervirens 214.
Byssus 140.

C.

Cabanholz 231.
Cachelot 417.
Caesalpinia brasiliensis 231.

Caesalpinin crista 231.
— echinata 231.
— Sappan 231.
— tinctoria 231.
Caesiumalaun 436.
Cailcedraholz 229.
Cajun 92.
Calamus micranthus 234.
— Rotang 234.
— Royleanus 234.
— rudentum 234.
— Scipionum 234.
— viminalis 234.
Calcium 437.
Calciumcitrat 441.
Calciumoxalat 436, 437.
Calciumsulfat 436.
Calcuttahanf 79.
Caliaturholz 231.
Calotropis gigantea R. Br. 65.
Cambaholz 231.
Cambiform, Cambiformzellen 240.
Camelina sativa L. 389.
Camera lucida 17.
Campecheholz 229.
Camwood 231.
Canaigre 249, 456.
Candle-Nusskuchen 401.
Cannabis sativa L. 72, 392.
Cap-Mahagoni 220.
Capsaïcin 353.
Capsicum annuum 347.
— fastigiatum 351.
— frutescens 351.
— indicum luteum 354.
— longum 347.
Capsicumarten, kleinfrüchtige 351.
Carpinus betulus 212.
Carya porcina 203.
Castanea vesca 206.
Cavicornia 423.
Cedernholz, canadisches 197.
— spanisches 202.
— virginisches 197.
— weisses 197.
— von Havanna 202.
Cedrela odorata 202.
Cedrus Deodara 200.
Ceiba pentandra Gärtn. 64, 368.
Ceibawolle 63.
Cellulose 29, 48.
Cellulosereaction 50.
Celtis australis 205.
— aspera 205.
Cerinsäure 260.
Chalaza 318.
Chardonnetseide 143.
Chelem 91.
Chelone imbricata 427.
Chin-pat 79.
Chlamydia 93.
Chloroformprobe (Mehl) 334.
Chlorogallum pomeridianum 250.
Chlorophora tinctoria 223.
Chlorophyllkörner 26.
Chloroplasten 26.
Chlorzinkjod 22.
Chromsäure 21.
Chrysanthemum cinerariaefolium 293
— Leucanthemum 306.
— Marschallii 293.
— roseum 293.
Chrysanthemin 295.
Chrysotil 44.
Chumese 79.
Cichorienwurzel 251.
Cichorium intybus 251.
Cigarrenkistenholz 202.
Citronensäure 441.
Cocoboloholz 218.
Cocos nucifera L. 398.
Cocosmilch 399.
Cocosnusskuchen 398.
Cocospalme 398.
Cocusholz 221.
Coelococcus carolinensis Dingl. 409.
— salomonensis Warb. 409.
Cogwood 219.
Coir 312.
Collagen 412.
Collectivlinse 2, 14.
Collodium 51.
Collodiumseide 141.
Collodiumwolle 51.
Compositenfrüchte (Oelkuchen) 374.
Condensor 11.
— ausklappbarer von Zeiss 11.
Condoriholz 221.
Coniferenholz 160.
Coniferin 95.
Conkaneehanf 79.
Contourlinien 419.
Copaifera bracteata 221.
Copperah 398.
Copra 398.
Coprah 398.
Corchorus capsularis 77.
— olitorius 77.
Coriamyrtin 291.
Coriaria myrtifolia 283, 286.
— ruscifolia 287.
— thymifolia 287.
Corn flour 38.
Cotinus coggygria 209, 283.
Coulteria tinctoria 231.
Crivellen 417.
Crotalaria juncea 79.
Crownglaslinse 5.
Cuba-Granadille 221.
Cucurbita maxima Duch. 369.
— moschata Duch. 369.
— Pepo L. 369.

Cupressus fastigiata 196.
Curcuma 241.
Curcuma longa 242.
Curcumin 245.
Cuticula 46, 262.
Cuticularschichten 262.
Cutin 262.
Cylinderblenden 10.
Cypresse 196.
Cystolithen 47.

D.

Dalmatiner Blüthen (Anatomie) 296.
Daphnefaser 112.
Dattel (Cocon) 134.
Deckgläschen 19.
Deckspelze 337.
Degummiren (Seide) 135.
Demasclage 256.
Dentin 416.
Dentincanäle 416.
Dentinröhrchen 416.
Dentinzähne 415.
Dermatogen 273.
Dextrin 32.
Dextrose 32.
Diastase 32.
Diatomaceen 51.
Dieffenbachia Seguina Schott 34.
Diospyros Ebenum 218.
— hirsuta 218.
Donsboom 368.
Doppellinse 5.
Douglastanne 200.
Drupa 310.
Drüsenfaden 134.

E.

Earthnut 384.
Ebenholz, grünes 220.
Ebenhölzer 218.
Eburin 416.
Edelkastanie 206.
Edeltanne 195.
Edgeworthia papyrifera 113.
Edredon végétal 63.
Eibe 196.
Eibenholz 165.
Eiche, österreichische 206.
— spanische 256.
Eichenkork 256.
Eichenrinden 263.
Einhorn 417.
Einstellung, feine 12.
— grobe 12.
Eintauchsysteme 13.
Eisenchlorid 22.
Eisenholz 220.
Eiweiss 316, 317.
Elaeis guineensis L. 396.
— melanococca Gärtn. 396.
Elephantenelfenbein 417.
Elephas africanus 417.
— indicus 417.
— primigenius 417.
Elfenbein 416.
— afrikanisches 417.
— indisches 417.
— vegetabilisches 406.
Elsässer-Verfahren (Weizenstärke) 35.
Elsbeerbaum 216.
Email (Zahn-) 416.
Embryo 315.
Emergenzen 46.
Endodermis 262.
Endokarp 312.
Endosperm 316.
Epidermis des Rotang 240.
Epidermiszellen der thier. Haare 118.
Epikarp 312.
Erbsenstärke 42.
Erdeicheln 384.
Erdnusskuchen 384.
Erdnussölgewinnung 385.
Erica arborea 214.
Eriodendron anfractuosum DC. 64, 368.
Erlenholz 188.
Ersatzfasern 188.
Ersatzfaserzellen 179.
Erythrina acanthocarpa 232.
— corallodendron 220.
Esche, gemeine 203.
Escrivellen 417.
Esparto basto 106.
Espartocellulose 106.
Espartofaser 106.
Espenholz im Papier 276.
Essigsäure 22.
Euclea sp. 218.
Evonymus europaeus 214.
Excreträume 175.
Exokarp 312.
Extract (Shoddy) 130.

F.

Fackelbaum 198.
Fackelföhre 198.
Fagus sylvatica 211, 392.
Fallfrüchte 310.
Färbemittel 22.
Farbhölzer (i. Bestimmungsschlüssel) 217.
— (Allgemeines) 222.
Farinose 29.
Fasern dikotyler Pflanzen 67.
— monokotyler Pflanzen 89.
Faserstoffe, thierische 113.
— vegetabilische 44.
Faulbaum 208.
Federgras, zähes 106.

Feldahorn 212.
Feldrüster 204.
Feldulme 204.
Fernambukholz 231.
Fesca-Verfahren 36.
Fiber 91.
Fibris 91.
Fibroinfaden 134.
Fichte 197.
— Astholz 174.
— Stammholz 174.
— Wurzelholz 174.
Fichten- und Lärchenholz (Bestimmungstabelle) 174.
Fidschinüsse 409.
Filosellseide 135.
Finnfisch 430.
Finnfischbarten 432.
Fischbein, schwarzes 430.
Fisetholz 209, 225.
Fitzroya patagonica 200.
Flachs 67.
— neuseeländischer 93.
Flachslilie 93.
Fladerschnitt 156.
Flatterrüster 204.
Flatterulme 204.
Flintglaslinse 6.
Flockseide 135.
Flor (Sammt) 147.
Flores Stoechadis citrinae 306.
Floretseide 135.
Floridaceder 197.
Flügelfrucht 310.
Flusspferd 417.
Föhre 198.
Formaldehyd 26.
Fourcroya cubensis 92.
— gigantea 92.
Fournirholz 192.
Fransenzellen 365.
Franzosenholz 219.
Fraxinus excelsior 203.
Fromager 368.
Fruchtbrei 312.
Fruchtformen 307, 309.
Fruchthaufen 311.
Fruchtknoten 307.
Fruchtköpfe 311.
Früchte (Allgemeines) 307.
— (Classification) 309.
Frühlein 67.
Füllzellen 184.
Function der Gefässbündeltheile 275.
Funiculus 313.
Fustelholz 209, 225.
Fustete 223.
Fustik, alter 223.
— echter 223.
— junger 209.
Futeiba 223.

G.

Gallini 55.
Gambohanf 78.
Gartenmohn 389.
Gefässbündel 239.
— bicollaterale 244.
— collaterale 244.
— concentrische 244.
— radiäre 244.
— geschlossene 239.
— offene 239.
— ungeschlossene 239.
Gefässbündelcambium 162, 239.
Gefässvertheilung (im Laubholz) 185.
Gelbholz, Dalmatiner 226.
— echtes 223.
— europäisches 226.
— Triester 209.
— ungarisches 209.
Gelbhölzer 223.
Geleitzellen 239.
Gerberrinden 263.
Gerbersumachstrauch 283.
Gerste, gemeine 337.
— gerollte 337.
— vierzeilige 337.
— zweizeilige 337.
Gerstenfrucht 337.
Gerstenkaffee 342.
Gerstenmalzkaffee 342.
Gerstenspelze (Anatomie) 337.
Gerstenstärke 35.
Gewebe, gemusterte 147.
— glatte 147.
— köperartige 147.
— sammtartige 147.
Gewebearten (textil) 147.
Gewebe-Untersuchung 146.
Ghore sun 79.
Gilbwurzel 241.
Gin 53.
Gingellikuchen 374.
Gingkobaum 200.
Ginsterfaser 82.
Glanzrinde 263.
Glasbein 417.
Gliederfrucht 310.
Gliederhülse 310.
Gliederschote 310.
Globularstructur, Globuli 416.
Glykase 32.
Glykose 32.
Gold 440.
Goldtrichloridlösung 440.
Gonostylus 221.
Gossampinos rubra Hook 368.
Gossypium-Arten 52.
Götterbaum 202.
Granadille 221.
Grannenhaare 114.
Granulose 29.

Grauerle 211.
Graupen 337.
Greenheart 219.
Gregia 135.
Grezeseide 135.
Grezza 135.
Griff, Griffigkeit (des Mehles) 330.
Grobrinde 263.
Groundnut 384.
Grundgewebe 240.
Grüne Stärke 29.
Guajacum officinale 219.
Guajakholz 219.
Guimara 89.
Guizotia abyssinica Cass. 374.
— oleifera DC. 374.
Gypsophila Arostii 250.

H.

Haare (Pflanzen-) 45.
Hadromal 96.
Hadromalcelluloseäther 96.
Hämatoxylin 230.
Haematoxylon campecheanum 229.
Haferstärke 39.
Hainbuche 212.
Haitiholz 220.
Halle'sches Verfahren (Weizenstärke) 35.
Hanf 72.
— brauner 79.
— indischer 74, 79.
— spanischer 74.
Hanffrüchte 392.
Hanfgras 91.
Hanfhahn 72.
Hanfhenne 72.
Hanfkuchen 392.
Hanfpapier 103.
Hanfsamen 392.
Harzdrüsen (der Baumwollsamen) 367.
Harzgänge 167.
Harzkiefer, amerikanische 199.
Harzleimung 97.
Havanaholz, grünes 220.
— rothes 221.
Havers'sche Canäle 413.
Heede 68.
Helianthus annuus L. 375.
Helichrysum arenarium 306.
Hemicellulosen 49.
Henequen 91.
Herbstholz 161.
Herminiera Elaphroxylon 232.
Herzberg'sche Jodprobe 99.
Hesperidium 311.
Hibiscus cannabinus 78.
Hickorybaum 203.
Hilfsapparate z. mikr. Unt. 15.
Hilum 313.
Himalajaceder 200.
Hippopotam 421.
Hippopotamus amphibius 417.
Hirnschnitt 156.
Hirschgeweih 415.
Hirsespelze 340.
Hoftüpfel 162.
Höhnel'sche Papierprobe 99.
Holler, schwarzer 207.
Hollunder 207.
Holz (Bau) 156.
— (Definition) 154.
— (Farbe) 190.
— (Fehler) 192.
— hartes 191.
— (Härte) 191.
— (physik.-technische Eigenschaften) 189.
— (Inhaltstoffe) 193.
— weiches 191.
Holzcellulose 110.
Hölzer, ringporige 185.
— zerstreutporige 186.
Holzparenchym abnormes 188.
— der Coniferen 175.
Holzschliff 108.
Holzschnitte 156.
Holzschwamm 278.
Holzsubstanz 95.
Hopfenfaser 82.
Hordeum distichum 337.
— sativum 337.
— — distichum 337.
— — vulgare 337.
— tetrastichon 337.
Horn 423.
Hornabfälle 424.
Hornarten (Unterscheidung) 427.
Hornbaum 212.
Hornendosperm (Mais) 37.
Hornmehl 424.
Hornprosenchym 271.
Hornschrot 424.
Hornspäne 424.
Hornspitzen 424.
Hornstoff 423.
Hornsubstanz 423.
Hornzähne 415.
Huanaco 127.
Hülse 309.
Humulus lupulus 82.
Hundshaare 120.
Hydrocellulose 51.
Hymenaea Courbaril 221.

I.

Jacaranda brasiliana 220.
Jahresringe 157.
Jahresringgrenze 186.
Japanisches Papier 113.
Javelle'sche Lauge 22.
Immersion, homogene 14.

Immersionssysteme 13.
Incaholz 219.
Indigofera 292.
Infusorienerde 51.
Inga vera 221.
Ingwer 246.
Innenfruchtschicht 312.
Insectenpulver 293.
— dalmatinisches 293.
— persisches 293.
Instrumente 18.
Integumente (Same) 313.
Interfascicularcambium 274.
Interfascicularholz 274.
Interglobularräume 416.
Inula Helenium 43.
Inulin 43.
Jodalkohol 22.
Jodglycerin 22.
Jodlösung, wässerige 22.
Jodsilber 435.
Jodstärke 31.
Jodtinctur 22.
Johannistrieb 275.
Iris florentina 246.
— germanica 246.
— pallida 246.
Iriscylinderblendung 10.
Iron wood 220.
Isatis tinctoria 292.
Ischaemum augustifolium 106.
Juglans nigra 210.
— regia 209.
Jungholz 190.
Juniperus Bermudiana 197.
— communis 196.
— virginiana 197.
Jute 76.
Jutepapier 104.

K.

Kaffrarian Marble-Cork 232.
Kalbhaare 126.
Kalihydrat 22.
Kalipyrochromat 22.
Kalium 440.
Kaliumchlorat 21.
Kaliumplatinchlorid 439, 441.
Kaliumsulfat 440.
Kameelhaare 126.
Kameelschafe (Wolle) 127.
Kämelwolle 123.
Kante 146.
Kapok 63.
Kapokbaum 368.
Kapokkuchen, javanischer 368.
— ostindischer 368.
Kapsel 309.
Karettschildkröte, echte 427.
Karettschildkröte, gemeine 428.
Kartoffelstärke 23.
— Fehler 33.
— Gewinnung 32.
— Gestaltstypen 24.
— Präparation 23.
— Verwendung 33.
Kaschmirwolle 124.
Katzenpfötchen, gelbes 306.
Keimblätter 317.
Keimnährgewebe 317.
Keratenchym 271.
Keratin 423.
Kernbäume 190.
Kernholz 190.
Kette 146.
Khaya senegalensis 220.
Kiefer 198.
Kieselfluornatrium 440, 441.
Kieselguhr 51.
Kirsche 207.
Kleber 333.
Kleberstärke 36.
Klebhirse 31.
Klebreis 31.
Klebsorgho 31.
Kletten 120.
Knieholz 199.
Knochen, echte 412.
Knochenasche 412.
Knochenkohle 412.
Knochenleim 412.
Knorpelsubstanz 412.
Knospenkern 313.
Kollenchym, verkorktes 349.
Königsholz 220.
Köper 147.
Kopra 398.
Korallenholz 220, 221.
Kork 256.
Korkeiche 256.
Korkhölzer 231.
Korklamelle 260.
Koromandelholz 218.
Kosmosfaser 78.
Kotyledonen 317.
Kraftfuttermittel 358.
Kreuzdorn 208.
Kriechenholz 207.
Kronawetter 196.
Krummholzkiefer 199.
Krystallkammerfasern 267.
Krystallschläuche (Veilchenwurzel) 456.
Krystallstärke 23.
Kuhhaare 125.
Kuhhorn 423.
Kunstholz, Kunsthölzer 192, 218.
Kunstseide 141.
Kunstwolle 78, 130.
Kupferoxydammon 22.
Kupfersulfat 22.

Kürbisfrucht 311.
Kürbiskernkuchen 369.

L.

Laine artificielle 78.
Lama 127.
Lammspitzen 116.
Laportea canadensis 84.
Lärche, Astholz 174.
— Stammholz 174.
— Wurzelholz 175.
Larix decidua 200.
— europaea 200.
Latsche 199.
Laubhölzer, einheimische (Bau) 179.
— exotische 189.
Lebensbaum, amerikanischer 197.
Legföhre 199.
Legge 199.
Leguminosenstärke 41.
Leichthölzer 231.
Leindotterkuchen 389.
Leinengarn 72.
Leinenhadern 102.
Leinölgewinnung 383.
Leinpflanze 67.
Leinsamen 382.
Leinsamenkuchen 382.
Leinsamenmehl 382.
Leiogomme 32.
Lenticellen 257.
Leopardholz 218.
Letternholz 218.
Leukotil 44.
Libriform, Libriformfasern 179.
— (mit Stärke im Winter) 456.
Librocedrus tetragona 200.
Lignin 95.
Lignum sanctum 219.
Likari 221.
Lima-Rothholz 231.
Linaloëholz 221.
Linde 213.
Linsenstärke 42.
Linsensystem, aplanatisches 5.
Linum usitatissimum L. 67.
Liquor Kalii hypochlorosi 22.
Litzen 149.
Logwood 229.
Losquil 91.
Lösungsprobe 435.
Luftholz 221.
Lupe 3.
Lupis 89.
Lygeum Spartum L. 106.
Lysigene Excretbehälter 177.

M.

Maclura tinctoria 223.
Maclurin 225.
Macrochloa tenac. 106.
Madeira-Mahagoni 220.
Madia sativa L. 375.
Madia-, Madikuchen 375.
Madrashanf 79.
Mahagoni 220.
Mahony, echter 220.
Maiskolbenblätter 107.
Maislieschen 107.
Maisstärke 37.
Maizena 38.
Malaccarohr 235.
Malope trifida 366.
Malpighia punicaefolia 263.
Maltose 32.
Malus communis 216.
Malz 342.
Malzgerste 337.
Mammut 417.
Mammutelfenbein 417.
Mancarra 384.
Mandelbaum 208.
Mandelkuchen 401.
Mandubinüsse 384.
Mangle-Colorado-Rinde 263.
Manilahanf 89.
Manilanut 384.
Maninüsse 384.
Maranta arundinacea L. 40.
— indica Tuss. 40.
Marantastärke 40.
Marille 208.
Mark 189.
Markflecke 188.
Markkrone 159.
Markscheide 159.
Markstrahlen 158.
— (Arten) 159.
— primäre 166.
— secundäre 166.
— des Bleistiftholzes 170.
— der Fichte 168.
— der Lärche 171.
— der Laubhölzer 187.
— von Pinus 169.
— der Tanne 167.
Markstrahlerweiterungen 188.
Markstrahlpalissaden 187.
Markstrahlparenchymzellen 187.
Markwiederholungen 188.
Martin-Verfahren (Weizenstärke) 36.
Maser 159.
Maserwuchs 192.
Masholder 212.
Massconstante 17.
Matassenseide 135.
Maulbeerbaum, schwarzer 203.
— weisser 202.
Maulbeerspinner 134.
Mauritiushanf 94.
Megaptera boops 430.

Mehlbeerbaum 215.
Mehlendosperm (Mais) 37.
Mehlkern 319.
Mehlmikroskopie 333.
Mehluntersuchung (Anleitung) 328.
Melosakuchen 375.
Menado hemp 89.
Mercerisiren der Baumwolle 59.
Merulius lacrymans 278.
Mesokarp 312.
Mesophyll 25.
Mespilus germanica 215.
Messapparate 16.
Metarabinsäure 51.
Mexikanisches Gras 91.
Mikropyle 313.
Mikroskop, Literatur 1.
— Fuss 8.
— Objecttisch 8.
— Säule 8.
— einfaches 3.
— zusammengesetztes 4.
Mikrotome 18.
Milchbein 417.
Milchsaftgefässe 254.
Milchsaftröhren 254.
Millon's Reagens 22.
Mispelholz 215.
Mitsumatapflanze 113.
Mittelfruchtschicht 312.
Mohair 123.
Mohnkuchen 389.
Mohnsamenmehl 389.
Mondamin 38.
Monodon monoceros 417.
Morin 225.
Morus alba 202.
— nigra 203.
— tinctoria 223.
Mottenkraut, gelbes 306.
Mungo 130.
Musafaser 89.
Musa mindanensis 89.
— textilis 89.
Muschelseide 140.
Muskatholz 218.
Muskatnussholz, japanisches 215.
Myall wood 219.
Myrobalanen 401.
— gelbe 402.
— indische 401.
— schwarzbraune 402.
— schwarze 401.

N.

Myrospermum frutescens 177.
Nabel 313.
Nabelstrang 313.
Narwal 417.
Narwalelfenbein 422.
Natrium 441.
Natriumfluorsilicat 441.
Natroncellulose 110.
Nebenzellen 282.
Nectandra sp. 219.
Netzgefässe 182.
Nesselfasern 83.
Nicaragua-Rothholz 231
Nicaragua wood 231.
Nicol'sches Prisma 15.
Niger-(Nigger-)kuchen 374.
Nilpferdelfenbein 421.
Nitrocellulosen 51.
Nobbe'sche Samensiebe 343.
Nucellus 313.
Nuss (Nux) 310.
Nüsschen 311.
Nüsse, australische 409.
Nussholz 209.
— amerikanisches 210.
Nutmegholz 218.
Nutzhölzer (Bestimmungsschlüssel) 195.
Nyssa aquatica 232.

O.

Objectglasmikrometer 16.
Objectivsystem 4.
Objectträger 19.
Ochroma lagopus Sw. 64, 232.
Ochsenhorn 423.
Ocotea caudata 221.
Ocular, von Huyghens 14.
Ocularsystem 4.
Ocularmikrometer 16.
Oeffnungswinkel 13.
Oeldrüsenhaare 47.
Oelbaum 213, 370.
Olea europaea 213, 370.
Oelfabrication, Rückstände der 358.
Oelfrüchte 359.
Olivenbaum 213.
Olivenkernmehl 370.
Olivenkernöl 370.
Oelkuchen 358.
— Untersuchung 360.
Oelkuchenmehle 359.
Oelkuchenmehlkuchen 360.
Oelpalme 396.
Oelsamenmehle 359.
Omphalobium Lamberti 219.
Onosma echioides 249.
Orsanette 249.
Ossein 412.
Osteodentin 418.
Ovarium 307.
Ovulum 313.

P.

Paco 127.
Paina limpa 63.

Palea inferior 337.
— superior 337.
Palisanderholz 220.
Palissadenparenchym 25.
Palissandre violet 220.
Palmenhölzer 222.
Palmkernkuchen 396.
Palmyraholz 222.
Panacoco 220.
Panamarinde 271.
Panjabaum 368.
Pantoffelholz 256.
Papaver somniferum L. 389.
Papierleimung, thierische 97.
— (Stärke) 97.
— vegetabilische 97.
Papiermaulbeerbaumfaser 86.
Papierschwefelsäure 99.
Papieruntersuchung, mikrosk. 94.
Pappelholz (mikrosk.) 276.
Paprika 347.
Papyrus 113.
Paschmina 124.
Patridgeholz 218.
Peanut 384.
Pechkiefer 199.
Pekarisiren 330.
Periblem 273.
Periderm 243.
Perikarp 311.
Perisperm 317.
Perrückenstrauch 209.
Pfaffenkäppchen 214.
Pfeffer, Cayenne- 347.
— spanischer 347.
— türkischer 347.
Pfeifenbarke 263.
Pferdefleischholz 220.
Pferdemist (-papier) 111.
Pflanzendunen 63.
Pflanzenhaarformen 46—49.
Pflanzenseiden 64.
Pflanzentheile, unterirdische 241.
Pflanzenzellstoff 48.
Pflaumenbaum 207.
Pfriemen, spanischer 81.
Phaseolus (Stärke) 42.
Pheasantholz 218.
Phelloderm 258, 265.
Phellogen 264, 269.
Phellonsäure 261.
Phloëm 238.
Phloroglucin 22.
Phormium tenax 93.
Physalus antiquorum 430.
Physeter macrocephalus 417.
Physocalymna floribundum 219.
Phytelephas macrocarpa R. et P. 406.
Picea exselsa 197.
Pikrinsäure 22.
Pinkos, Pinkosknollen 222.
Pinna nobilis 140.
Pinus australis 199.
— cembra 199.
— Laricio austriaca 198.
— montana 199.
— nigra 198.
— nigricans 198.
— pinaster austriaca 198.
— ponderosa 199.
— Pumilio 199.
— rigida 199.
— silvestris 198.
— strobus 199.
— Taeda 199.
Piratinera guayanensis 218.
Pirus communis 216.
— malus 216.
Pistaches de terre 384.
Pita, Pite 91.
Pitch pine 199
Pittosporum 220.
Placenta 313.
Plantain fibre 89.
Platane, amerikanische 210.
Platano fibre 89.
Platanus occidentalis 210.
Plerom 273.
Plumula 317.
Pocken (Elfenbein) 418.
Pockholz 219.
Polarplanimeter, Amsler'sches 344.
Polarisationsapparat 15.
Polarisator 15.
Pomaceenhölzer 215.
Populus alba 217.
— nigra 217.
— tremula 217.
Poren 162.
Porenkapsel 310.
Pottwal 417.
Pottwalelfenbein 423.
Präparirlupe 3.
Präparirmikroskop 3.
Primaveraholz 220.
Procambium 239.
Protohadrom 159.
Protoxylem 159.
Prunus armeniaca 208.
— avium 207.
— Cerasus 208.
— domestica 207.
— insititia 207.
— Mahaleb 208.
— padus 208.
Pseudotsuga Douglasii 200.
Pterocarpus santalinoides 231.
— santalinus 231.
Pulpa 312.
Pulverholz 208.
Purgiren (Seide) 134.
Purple heart 221.

Pyrethrosin 295.
Pyrethrotoxinsäure 295.
Pyrethrum carneum 293.
— roseum 293.
Pyroxylin 51.

Q.

Quecksilberchlorid 22.
Quecksilbernitratnitrit 22.
Queensland-Rosenholz 219.
Queenwood 219.
Quercus cerris 206, 263.
— ilex 256.
— lanuginosa 263.
— occidentalis 256.
— pedunculata 205, 263.
— pseudosuber 256.
— pubescens 263.
— robur 205, 263.
— sessiliflora 206, 263.
— suber 256.
Quillaja-Saponaria 271.
Quillajarinde 271.

R.

Racine de Bruyère 214.
Radialschnitt 156.
Radicula 317.
Radix Anchusae luteae 249.
Rahmenhülse 310.
Raitelrinde 263.
Rame, Rami, Ramié 84.
Ramtillkuchen 374.
Raphe 315.
Rapskuchen 388.
Rauhrinde 263.
Reagentien 19.
Redoul 283, 286.
Rehschlinge 149.
Reif (Wachs) 241.
Reifholz 190.
Reifholzkernbäume 191.
Reinflachs 68.
Reinhanf 72.
Reispapier, chinesisches 113.
Reissen des Holzes 192.
Reisspelze 339.
Reisstärke 38.
Reisstroh 106.
Reservecellulose 48.
Reservestärke 27.
Resonanzholz 195.
Revolver 12.
Rhamnus cathartica 208.
— frangula 208.
Rhea fibre 84.
Rhizome 241.
Rhizophora mangle 263.
Rhus copallina 283.
Rhus coriaria 283.
— cotinus 209.
— glabra 283.
— typhina 283.
Riesenschildkröte 428.
Rinden 255.
Rindenporen 257.
Rindenstrahlen 267.
Rinderhufe 427.
Ringgefässe 182.
Robinia Panococo 220.
— pseudacacia 203.
Robinie 203.
Roggenquerzellen 322.
Roggenstärke 35.
Rohr, spanisches 234.
Röhrenknochen 412.
Rohrstöcke, echte 234.
Rohseide 135.
Rohstärke 36.
Rosenholz 219.
— afrikanisches 219.
Rosshaarersatz 431.
Rosskastanie 187, 217.
Röstgummi 32.
Rotan, Rotang, Rotting 284.
Rothbuche 211, 392.
Rothbuchenholz (histologische Elemente) 179.
Rotheibe 196.
Rothholz, afrikanisches 231.
— asiatisches 231.
Rothhölzer 230.
Rothtanne 197.
Roure 283.
Rübsenkuchen 388.
Rumex hymenosepalus 249.
— hymenosepalus Torr. 456.
Rüster, weisser 204.

S.

Sacci 91.
Safran 293.
Sahlband 146.
Salicaceen 217.
Salisburya adiantifolia 200.
Salix alba 217.
— caprea 217.
— fragilis 187, 217.
Salmalia malabarica Sch. et Endl. 368.
Salomonsnüsse 409.
Salpeter 435.
Salpetersäure 21.
Salsetti 79.
Salzsäure 21.
Sambucus nigra 207.
Same 313.
Samenanlage 313.
Samenmantel 313.
Samennaht 315.

Samenschale 317.
Sammelschliessfrucht 311.
Sammelsteinfrucht 311.
Sandelholz, afrikanisches 231.
— rothes 231.
— unechtes 231.
— weisses 218.
Sanduhrkraut 306.
Sangoribaum 368.
Sanio'sche Balken 165.
— Ersatzfasern 179.
Sansevieriafaser 94.
Santalin 231.
Santalum album 218.
Saponaria officinalis 250.
Saponin 251.
Sappanrothholz 231.
Sarothamnus vulgaris Wimm. 89.
Sassafraswurzel 249.
Satzmehl 29.
Sauerdorn 207, 229.
Säuregummi 32.
Scalpelle 18.
Scatano, Scatanello 226.
Schäben 68.
Schafhorn 424.
Schafrassen 115.
Schafwolle 115.
Scheibenblenden 9.
Scheinfrüchte 308.
Schiessbaumwolle 51.
Schildkrot 427.
Schildpatt 427.
— Sorten 428.
Schimper'sche Schaumprobe 335.
Schirmfischbein 431.
Schizogene Excretbehälter 177.
Schizolysigene Canäle 177.
Schlangenholz 218.
Schlauch 309.
Schlauchkapsel 311.
Schliessfrucht 310.
Schliesszellen 281.
Schmack 283.
Schmelzprobe 434.
Schneenessel 84.
Schneiderfischbein 431.
Schote 309.
Schreger'sche Linien 419.
Schröder'scher Markstrahlcoëfficient 173.
Schrumpfung (Holz) 191.
Schuppenborke 270.
Schuss, Schussfaden 146.
Schusterhanf 72.
Schwammparenchym 25.
Schwarzeiche 263.
Schwarzeller 211.
Schwarzerle 211.
Schwarzföhre 198.
Schwefelsäure 21.
Schwerspat 436.
Schwertfischhorn 422.
Schwimmhölzer 231.
Schwindung (Holz) 191.
Sea Island 52, 55.
Secreträume 175.
Seide 134.
— gemeine, echte 134.
— künstliche 141.
— wilde 140.
— Bau, Zusammensetzung 136.
Seiden, exotische 138.
Seidengras 91.
Seifenwurzeln 250.
Seifenwurzel, gemeine 250.
— levantische 250.
— weisse 250.
Seifenpflanze, californische 250.
Seifenrinde 271.
Sericaria mori 134.
Sericinfaden 134.
Serpentinasbest 44.
Sesamkuchen 377.
Sesamum nigrum DC. 377.
— occidentale Heer et Regel 377.
— orientale L. 377.
— radiatum Schum. et Thonn. 377.
Shoddy 130.
Siam hemp 89.
Siebröhren 238.
Siebtheil 238.
Silberformiat 440, 441.
Silk cotton tree 368.
Sisalhanf 91.
Sklerenchymring, gemischter 266.
Sklerokarp 312.
Smack 283.
Snakewood 218.
Sommereiche 205, 263.
Sommerhanf 72.
Sommerholz 161.
Sommerlinde 213.
Sonnenblumenkuchen 375.
Sorbus aria 215.
— torminalis 216.
Soupliren 135.
Spaltfrucht 311.
Spaltöffnungen 281.
Spartium junceum 81.
— scoparium 81.
Spätholz 161.
Spätlein 67.
Speicherstärke 27.
Sphärit 28.
Sphärokrystall 28.
Spiegelrinde 263.
Spiegelschnitt 156.
Spiegelstrahlen 158.
Spindelbaum 214.
Spinnhanf 72.
Spiralgefässe 182.
Spiroiden 182.

Spitzahorn 212.
Splint 190.
Stamm 154.
— monokotyler 234.
Stammborke 263.
Stangenrinde 263.
Stärke (Allgemeines) 23.
— chemisches Verhalten 29.
— Erzeugungsstätte 25.
— Typus und Hauptform 34.
Stärkecellulose 29.
Stärkereagens 30.
Stativlupe 3.
Staubhanf 72.
Stegmata 91.
Steineiche 206.
Steinfrucht 310.
Steinkern 312.
Steinnüsse, echte 406.
— polynesische 406, 409.
Stengelstärke 23.
Stichelhaare 113.
Stieleiche 205, 263.
Stipa tenacissima 106.
Stipplinsen 13.
Strahlenaufnahme 7.
Stranggewebe, einfache 238.
— zusammengesetzte 238.
Strohcellulose 105.
Strohpapiere, chinesische 106.
Stuhlrohr 234.
Suberin 260.
Suberinlamelle 260.
Sulfitcellulose 110.
Sumac 283.
Sumach 283.
— amerikanischer 283.
— griechischer 283.
— portugiesischer 283.
— provençalischer 283.
— sicilischer 283.
— spanischer 283.
— Triester 283.
— venetianischer 283.
Sunn 79.
Swietenia Mahagoni 220.
Synergiden 315.

T.

Taag 79.
Tahitinüsse 409.
Tambinziran 221.
Tangentialschnitt 156.
Tanne 195.
Tanners Dock of Texas 456.
Tapafaser 86.
Taxbaum 196.
Taxus baccata 196.
Tchouma 84.
Teakholz 209.
Teakholz, brasilianisches 221.
Tectona grandis 209.
Tegmen 317.
Terminalia Chebula Retz 401.
Testa 317.
Theilfrucht 310.
Thierhaare 113.
Thuja occidentalis 197.
Thyllen 184.
Tibetwolle 124.
Tigerholz 218.
Tilia parvifolia 213.
— platyphyllos 213.
Tintenpflanze 287.
Torffaser 111.
Tors 72.
Towgarn 68, 72.
Tracheen 179.
Tracheiden 160, 161.
Transitorische Stärke 27.
Traubeneiche 206, 263.
Traubenkirsche 208.
Trichechus Rosmarus 417.
Trichiten 28.
Trichome 45.
Triesterholz 205.
Tripel 51.
Triticum vulgare 319.
Trockensysteme 13.
Tulip wood 219.
Tupeloholz 232.
Tüpfel, behöfte, gehöfte 162.
Tüpfelgefässe 182.
Tupoz 89.
Türkische Weichsel 208.
Tussah-, Tussorseide 138.
Typen des Dikotylenstammes 274.

U.

Ulmus campestris 204.
— effusa 204.
Umbelliferenfrüchte 401.
Urtica cannabina 84.
— dioica 83.

V.

Vacapou 221.
Vanillin 95.
Vasaltheil 238.
Veilchenholz 219.
Veilchenwurzel 246, 456.
Vergrösserung 2.
Verkleisterungstemperaturen der Stärke 30.
Verziehen des Holzes 192.
Vicunna 127.
Viscoid 50.
Vitschinüsse 409.
Vitis vinifera 206.

Vogelaugen 213.
Vogelbeerholz 188.
Vogl'sche Salzsäure-Weingeistprobe (Mehl) 336.
Vorspelze 337.

W.

Wachholder, gemeiner 196.
— virginischer 197.
Wachsüberzug 241.
Waid 292.
Wallnussbaum 209.
Wallnuss, schwarze 210.
Wallosin 235.
Wallross 417.
Wallrosselfenbein 422.
Wanderstärke 27.
Wassernüsse 409.
Wasserspalten 282.
Wasserstoffgoldchlorid 439, 440.
Weichsel 208.
Weidenhölzer 217.
Weidenrinden 263.
Weihrauchkiefer, nordamerikan. 199.
Weinmannia glabra 263.
Weinrebe 206.
Weinscharl 207.
Weissbirke 215.
Weissbuche 212.
Weisseiche 263.
Weisseller 211.
Weisserle 211.
Weissföhre 198.
Weisstanne 195.
Weizen (Mikroskopie) 320.
Weizenfrucht 318.
Weizenmehl 329.
Weizenstärke 34.
— Fehler 36.
Werfen des Holzes 192.
Werg 68.
Werggarn 68.
Weymouthkiefer 199.
Whale-bone 430.
Whale fins 430.
White rope 89.
Wimmerung 159.
Wimmerwuchs 192.
Wintereiche 206.
Winterhanf 72.
Winterlinde 213.
Wolle 113.
Wollhaare 114.
Wurzelholz (Bau) 159.
Wurzelstöcke 241.

X.

Xylem 238.
Xylographenholz 214.

Y.

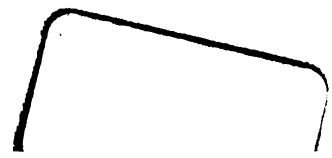
Yamamayseide 138.
Yaschki 91.

Z.

Zahnbein 416.
Zähne 415.
Zahnkeim 416.
Zahnpulpa 416.
Zahnschmelz 416.
Zapfen (Fruchtform) 311.
Zebraholz 219, 222.
Zeichenapparate 17.
Zeiss' Stativlupe II, 3.
Zellgänge, Hartig's 188.
Zellmembranstoff 48.
Zerreiche 206, 263.
Ziege, chinesische 125.
Ziegenbärte 125.
Ziegenhaare (d. gem. Ziege) 124.
Ziegenwollen 123.
Zingiber officinale 246.
Zirbelholz 164, 170.
Zirbelkiefer 199.
Zirikota 221.
Zirmholz 199.
Zitterpappel 217.
Zuckerkistenholz 202.
Zuckerrohr 240.
— (unechtes) 235.
Zuckerrohrhalme 112.
Zuckerschnur 149.
Zündhölzchen, schwedische 276.
Zürgelbaumholz 205.
Zwetschgenbaum 207.
Zwiebel 241.
Zwillingstüpfel 173.

Berichtigungen und Zusätze,

die man beim Gebrauche des Buches zu berücksichtigen bittet.

S. 1. Zur Literatur über das Mikroskop ist noch hinzuzufügen: Zimmermann, Leitfaden der wissenschaftlichen Mikroskopie, Leipzig und Wien 1895.
S. 20. Zeile 10 von oben lies Kaliumchlorat statt Kaliumhydrat.
S. 34. Zeile 14 von unten lies concentrische statt concentrirte.
S. 181 und 194. Nach Strasburger (Strasburger, Schenk etc., Lehrbuch der Botanik. 1894, S. 109) und nach Alfred Will (Beiträge zur Kenntnis von Kern- und Wundholz. Inaug.-Dissert. Bern 1899) enthält das Libriform im Winter häufig Stärke, woraus sich ergibt, dass demselben nicht eine rein mechanische Aufgabe zukommt.
S. 248. Die Schläuche der Veilchenwurzel, welche die Krystalle enthalten und in Uebereinstimmung mit Tschirch (Tschirch-Oesterle, Anatom. Atlas, S. 122) als Ausstülpungen der Zellwand bezeichnet wurden, sind nach neuerlichen Mittheilungen desselben Autors (l. c., Zusätze und Berichtigungen, Heft 16—17) echte Zellen, „deren Wand sich jedoch nicht verdickt, und die, da sie sich nur in der Länge strecken, aber im Breitenwachsthum zurückbleiben, von den benachbarten (verdickten) Zellen partiell sich ablösen, so dass es aussieht, als ob sie in den Intercellularraum hineinragende Membrantaschen wären". Die Abbildung auf S. 248, Fig. 152 B. u. C. entspricht dem wirklichen Sachverhalt.
S. 249. Zeile 16 von oben lies Rumex hymenosepalus Torr. (Moore, Proc. R. Soc. New South Wales 1890, S. 71 und Chem. Ztg. 1895, Nr. 11, S. 217; Semler, Tropische Agricultur. 1. Aufl., Bd. 3, S. 769; die Pflanze heisst im Westen Nordamerikas auch Tanners Dock of Texas). Der Gehalt an Gerbstoff beträgt nicht, wie angegeben, 40, sondern nur 23 Proc.; Semler gibt für die lufttrockene Ware 34,2 Proc. an.
S. 255. Zeile 8 von unten lies von statt zu.
S. 261. Zeile 12 von oben und Zeile 6 von unten lies Kügler statt Kugler.
S. 287. Zeile 2 von unten lies Coriaria statt Corinaria.
S. 317. Zeile 13 von unten lies das Knöspchen statt dem Knöspchen.
S. 324. Zeile 12 von oben, streiche „in" nach „geworden" und setze es nach „Kochen".
S. 403. Fig. 225; Zeile 4 von unten: lies „Mesokarpschichte" statt „Merokarpschichte".
S. 414. Zeile 3 von unten: lies „die sich untereinander . . ."
S. 415. Zeile 4 von oben: lies „mit dem" nicht „mit den".
S. 417. Zeile 16 von unten: lies „undurchsichtig" statt „undurchsichtlich".
S. 420. Zeile 15 von unten: lies „dunkler" statt „dunklen".
S. 430. Zeile 4 von unten: lies „in Päcken" statt „in Päcke".

SEP 2 0 1946